การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

โดย
นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

โดย
นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

LEARNING MANAGEMENT BY STEM EDUCATION TO DEVELOP SCIENCE PROCESS SKILL AND TASK CREATIVE ABILITY FOR SEVENTH GRADE STUDENTS

By

MISS Tanyarat RATTANAHIRAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Education (CURRICULUM AND SUPERVISION)
Department of Curriculum and Instruction
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2019

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
โดย	ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ
สาขาวิชา	หลักสูตรและการนิเทศ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนสิทธิ์ สิทธิ์สูงเนิน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาเรียม นิลพันธุ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนสิทธิ์ สิทธิ์สูงเนิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสูตร โพธิ์เงิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงเดือน เจริญฉิม)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรัณย์พล วิวรรธมงคล)

59253404 : หลักสูตรและการนิเทศ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

นางสาว ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนสิทธิ์ สิทธิ์สูงเนิน

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 2) เพื่อศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 3) เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ความร้อน 2) แบบทดสอบเพื่อวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน 3) แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยค่า ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t- test) แบบ Dependent

ผลการวิจัยพบว่า

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีและมีพัฒนาการสูงขึ้น

3) ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับดี

59253404 : Major (CURRICULUM AND SUPERVISION)
Keyword : THE LEARNING MANAGEMENT BY STEM EDUCATION, SCIENCE PROCESS SKILL, TASK CREATIVE ABILITY

MISS TANYARAT RATTANAHIRAN : LEARNING MANAGEMENT BY STEM EDUCATION TO DEVELOP SCIENCE PROCESS SKILL AND TASK CREATIVE ABILITY FOR SEVENTH GRADE STUDENTS THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR CHANASITH SITHSUNGNOEN, Ph.D.

The purposes of this research were to 1) compare the achievement of learning on heat of seventh garde students' before and after learning management by STEM education 2) study the development of science process skills of seventh garde students' who received stem learning management 3) Assess the student's task creative ability of seventh garde students' that has been managed according to the STEM education. The samples of this research consisted of 22 students of Wat Bangnoi school (jamprachanikun).

The samples were selected by a simple random sampling. The research instruments were 1) lesson plans using by STEM education, 2) an achievement test, 3) a science process skill assessment, and 4) a task creative ability assessment. Is an experimental research. The data were analyzed by mean ($\bar{x}$), standard deviation (S.D.) and t-test of dependent.

The result of the research showed that.

1) The seventh garde students' learning outcomes on heat after begin taught by STEM education were hight then before the instruction.

2) The seventh garde students'science process skill on heat after the instruction by STEM education were good.

3) The seventh garde students' task creative ability on heat after the instruction by STEM education were good.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนสิทธิ์ สิทธิ์สูงเนิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงเดือน เจริญฉิมและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสูตร โพธิ์เงิน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยเป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาเรียม นิลพันธุ์ ที่เป็นประธานในการพิจารณาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.กรัณพล วิวรรธมงคล ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไข ข้อบกพร่องตลอดจนคณาจารย์ในสาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ และคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัยตลอดเวลาที่ศึกษาอยู่ในคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรให้ประสบความสำเร็จได้

ขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุจิราพร รามศิริ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวรี ญาณปรีชาเศรษฐ และอาจารย์ ดร.พีชญาณ์ พานะกิจ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรับปรุงเครื่องมือในการตรวจเครื่องมือประกอบการวิจัยเพื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ

ขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) นางสาวดุษณีย์ ชลิงสุ คุณครูกิตติศักดิ์ ตั้นธง คุณครูกฤษณา แสงสกุล คุณครูกนกวรรณ สุทธิประเสริฐ คุณครูอาพันธ์ชนก สวนจันทร์ ตลอดจนคุณครูโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)ทุกท่านและผู้ที่ไม่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ทุกท่าน ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้นอกจากนั้นยังให้ความช่วยเหลือ อุปการะ ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาตลอดจนความห่วงใยและปรารถนาดีแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวรวมถึง พี่ ๆ เพื่อน ๆ รุ่นรหัส 59 สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ อุปการะ การสนับสนุนและเป็นทั้งแรงใจ แรงทรัพย์สนับสนุนและให้กำลังใจตลอดจนความห่วงใยและปรารถนาดีแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก่อให้เกิดประโยชน์และคุณค่า ผู้วิจัยขอมอบคุณความดีทั้งมวลแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฑ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฒ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 8
คำถามในการวิจัย 13
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 13
สมมติฐานของการวิจัย 13
ขอบเขตของการวิจัย 13
นิยามศัพท์เฉพาะ 15
ประโยชน์ที่ได้รับ 16
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 17
1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 17
1.1 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์ 19
1.2 คุณภาพผู้เรียน 19

1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 21
1.4 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....23
1.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์.....24
1.6 ระดับการศึกษา 26
1.7 การจัดเวลาเรียน.....26
1.8 คำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....28
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....31
2.1 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION).....31
2.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา 31
2.3 การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education).....33
2.4 ขั้นตอนวิธีสอนตามแนวสะเต็มศึกษา.....39
2.5 การวัดและประเมินสะเต็มศึกษา 41
3. แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์.....42
3.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์.....44
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 50
4.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....50
4.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....51
4.3 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 56
5. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน.....57
5.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน 57
5.2 ลักษณะผลงานสร้างสรรค์ 61
5.3 เกณฑ์ในการพิจารณาและประเมินผลงานสร้างสรรค์.....62
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....65

6.1 งานวิจัยในประเทศ 65
6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ 69
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 71
วิธีและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 71
แบบแผนการวิจัย 72
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 72
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 73
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 91
การวิเคราะห์ข้อมูลและค่าสถิติในการใช้วิเคราะห์ข้อมูล 93
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 95
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 96
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 96
ตอนที่ 3 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 99
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 103
สรุปผล 104
อภิปรายผล 104
ข้อเสนอแนะ 109
รายการอ้างอิง 110
ภาคผนวก 116
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 117
ภาคผนวก ข หนังสือขอเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ หนังสือขอทดลองเครื่องมือวิจัย และหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูล 119

ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ... 125
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ... 137
ภาคผนวก จ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ... 141
ภาคผนวก ฉ ภาพกิจกรรม ... 186
ประวัติผู้เขียน ... 199

สารบัญตาราง

			หน้า
ตารางที่	1	โครงสร้างเวลาเรียนระดับมัธยมศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)..	27
ตารางที่	2	โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล).....	29
ตารางที่	3	ผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาทั้ง 4 ระดับ.....	35
ตารางที่	4	มาตรฐานสะเต็มศึกษา: บูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาชีวิตจริง	36
ตารางที่	5	การสังเคราะห์ความหมายของความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	60
ตารางที่	6	เกณฑ์ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Beseme และ Traffinger.....	63
ตารางที่	7	เกณฑ์ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin	64
ตารางที่	8	ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	74
ตารางที่	9	วิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice).....	81
ตารางที่	10	เกณฑ์การประเมินพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	85
ตารางที่	11	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน.....	89
ตารางที่	12	สรุปวิธีดำเนินการวิจัย.....	94
ตารางที่	13	เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ด้วย t – test แบบ Dependent.....	96
ตารางที่	14	แสดงผลการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา .	97
ตารางที่	15	ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	100

ตารางที่ 16 ตัวอย่างผลงานของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์..... 102

ตารางที่ 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 1..... 126

ตารางที่ 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 2..... 127

ตารางที่ 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 3..... 128

ตารางที่ 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 4..... 129

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้องของส่วนประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน จำนวน 4 แผน..... 130

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1..... 131

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน..... 133

ตารางที่ 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน 134

ตารางที่ 25 แสดงผลการวิเคราะห์ความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 . 135

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 22 คน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 138

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนที่ 1-4 139

ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนที่ 1-4 140

สารบัญภาพ

			หน้า
ภาพที่	1	กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	12
ภาพที่	2	แบบแผนการวิจัยแบบ one-group pre-test post-test design และ แบบ One – Shot Case Study.....	72
ภาพที่	3	แบบแผนการวิจัย แบบศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้ง Time – Series design...	72
ภาพที่	4	ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	80
ภาพที่	5	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความร้อน....	83
ภาพที่	6	ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	87
ภาพที่	7	ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน.....	91

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 96

แผนภูมิที่ 2 แสดงความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน..... 99

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สังคมปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลาและส่งผลต่อความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ ที่ทันสมัยและมีความเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ในส่วนของการศึกษานั้นมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะการศึกษาจะช่วยพัฒนาคน พัฒนาสังคมและพัฒนาประเทศชาติ ให้มีความก้าวหน้าทั้งทางด้านวิทยาการและเทคโนโลยีให้มีความเท่าเทียมกับนานาอารยประเทศ ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการศึกษาจึงมีความสำคัญที่จะช่วยสร้างให้คนไทยเป็นคนดี เก่ง และมีความสุข ดังที่ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ ผู้อำนวยการสำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม ได้กล่าวว่า “จะต้องพัฒนาคนไทยให้มีศักยภาพพร้อมที่จะแข่งขันและร่วมมืออย่างสร้างสรรค์ในเวทีโลก และมุ่งเน้นความสำคัญทั้งด้านความรู้ ความคิด ความสามารถ กระบวนการเรียนรู้และความรับผิดชอบต่อสังคมเพื่อพัฒนาคนให้มีความสมดุล โดยยึดหลักผู้เรียนสำคัญที่สุด ทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเอง “ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันครูผู้สอนจึงต้องมีการเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บอกความรู้เปลี่ยนเป็นโค้ช คือ ผู้ให้คำแนะนำ ที่ปรึกษาแก่ผู้เรียน ซึ่งตอบสนองต่อทักษะศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ดังที่ศาสตราจารย์นายแพทย์ วิจารณ์ พานิช ได้กล่าวถึงทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ไว้ว่า “สาระวิชาก็มีความสำคัญแต่ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เพื่อมีชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ปัจจุบันการเรียนรู้สาระวิชา (content หรือ subject matter) ควรเป็นการเรียนจากการค้นคว้าเองของศิษย์ โดยครูช่วยแนะนำและช่วยออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าการเรียนรู้ของตนเองได้ โดยสาระวิชาหลัก (Core Subjects) ประกอบด้วย ภาษาแม่และภาษาสำคัญของโลกรวมไปถึง ศิลปะ คณิตศาสตร์ การปกครองและหน้าที่พลเมือง เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์และประวัติศาสตร์ โดยวิชาแกนหลักนี้จะนำมาสู่การกำหนดเป็นกรอบแนวคิดและยุทธศาสตร์สำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary) โดยการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิชาแกนหลักและสอดแทรกทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้าไปในทุกวิชาแกนหลัก”

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้นจะต้องมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการวางกรอบแนวคิดสำคัญเพื่อการเรียนรู้ สามารถสรุปเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนควรมีคือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 3R, 8C มีองค์ประกอบดังนี้ 3R ได้แก่ 1) Reading การอ่านออก 2) Riting การเขียนได้ 3) Rithmetics การคิดเลขเป็น และ 8C ได้แก่ 1) Critical Thinking & Problem Solving มีทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา 2) Creativity & Innovation มีทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3) Collaboration, Teamwork & Leadership มีทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 4) Cross - cultural Understanding มีทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ 5) Communication, Information & Media Literacy มีทักษะด้านการสื่อสารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ 6) Computing & Media Literacy มีทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 7) Career & Learning Self-reliance มีทักษะอาชีพและทักษะการเรียนรู้ และ 8) Change มีทักษะการเปลี่ยนแปลง รวมไปถึงมีทักษะชีวิตและอาชีพ (Learning Skills) และทักษะภาวะผู้นำ (Leadership) (วิจารณ์ พานิช, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) ที่กล่าวถึงความสำคัญของการพัฒนาการศึกษา ความว่า

“การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างคน สร้างสังคมและสร้างชาติเป็นกลไกหลักในการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพ สามารถดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุขในกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการศึกษามีบทบาทสำคัญในการสร้างความได้เปรียบของประเทศเพื่อการแข่งขันและยืนหยัดในเวทีโลกภายใต้ระบบเศรษฐกิจและสังคมที่เป็นพลวัต ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกจึงให้ความสำคัญและทุ่มเทกับการพัฒนาการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของตนให้สามารถก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศภูมิภาคของโลก ควบคู่กับการธำรงรักษาอัตลักษณ์ของประเทศ ในส่วนของประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการจัดการศึกษา การพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถของคนไทย ให้มีทักษะความรู้ความสามารถและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดงาน และการพัฒนาประเทศ ภายใต้แรงกดดันภายนอกจากกระแสโลกาภิวัฒน์และแรงกดดันภายในประเทศที่เป็นปัญหาวิกฤตที่ประเทศต้องเผชิญเพื่อให้คนไทยมีคุณภาพชีวิตที่ดี สังคมไทยเป็นสังคมคุณธรรม จริยธรรม และประเทศสามารถก้าวข้ามกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้วเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของโลกทั้งในปัจจุบันและอนาคต”

จากแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) สอดคล้องกับความต้องการของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) โดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้จัดทำ

บนพื้นฐานของกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) ซึ่งเป็นแผนหลักของการพัฒนาประเทศและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) รวมทั้งการปรับโครงสร้างประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 ตามกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ในด้านที่ 8 คือยุทธศาสตร์การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม โดยมีแนวทางการพัฒนาสำคัญ ประกอบด้วย (1) เร่งส่งเสริมการลงทุนวิจัยและพัฒนาและผลักดันสู่การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และเชิงสังคม อาทิ ลงทุนวิจัยและพัฒนากลุ่มเทคโนโลยีที่ประเทศไทยมีศักยภาพพัฒนาได้เอง และกลุ่มเทคโนโลยีที่นำสู่การพัฒนาแบบก้าวกระโดด ลงทุนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสังคมเพื่อลดความเหลื่อมล้าและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน (2) พัฒนาผู้ประกอบการให้เป็นผู้ประกอบการทางเทคโนโลยี อาทิ ส่งเสริมผู้ประกอบการให้มีบทบาทหลักด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีและร่วมกำหนดทิศทางการพัฒนานวัตกรรม ส่งเสริมการสร้างสรรค์นวัตกรรมด้านการออกแบบและการจัดการธุรกิจที่ผสานการใช้เทคโนโลยีให้แพร่หลายในกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจของไทย และ (3) พัฒนาสภาวะแวดล้อมของการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม ด้านบุคลากรวิจัยอาทิ การเร่งการผลิตบุคลากรสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการโดยเฉพาะในสาขา STEM และพัฒนาศักยภาพนักวิจัยให้มีทั้งความรู้และความเข้าใจในเทคโนโลยี (สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้จากวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยอาศัยเนื้อหาสาระความรู้วิทยาศาสตร์,คณิตศาสตร์ และใช้หลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นการจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนง

ทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิดและทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า สร้างและพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ การเน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย การสร้างสรรค์ความแปลกใหม่และการแก้ปัญหา (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) และสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการอื่นใด เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นแนะนำและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด

จากผลการจัดระบบการศึกษาของประเทศไทยส่งผลให้เกิดปัญหาและความท้าทายของระบบการศึกษาในกลุ่มวัยที่แตกต่างกันออกไป ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นผลจากระบบการศึกษาของประเทศที่ยังไม่สามารถเตรียมและพัฒนาคนในแต่ละช่วงวัยให้มีทักษะและคุณลักษณะที่พร้อมจะรองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจและสังคม ทำให้เกิดปัญหาที่เชื่อมโยงกับระบบหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลการศึกษาในทุกระดับการศึกษา มาตรฐานสมรรถนะของผู้บริหารสถานศึกษาและครูตามมาตรฐานวิชาชีพ ระบบการจัดการศึกษาและการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะการเรียนรู้ ทักษะการดำรงชีวิตรวมถึงการสร้างลักษณะนิสัยและคุณลักษณะที่พึงประสงค์สำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 จากการศึกษาสรุปผลการประเมิน PISA 2015 พบว่าผลการประเมินผลด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มคะแนนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยโดยรวมลดต่ำลง จาก PISA 2012 ถึง PISA 2015 คะแนนวิทยาศาสตร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และคะแนนยังลดลงจนเท่ากับการประเมินรอบ PISA 2006 ที่ผ่านมา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) จากผลการประเมิน PISA 2015 ในครั้งนั้น ดร.ไกรยส ภัทราวาท ได้กล่าวว่า มิได้ต้องการให้ประเทศต่าง ๆ นำคะแนน PISA ไปจัดอันดับแข่งขันกัน แต่ต้องการให้นำผลการวิเคราะห์คะแนน PISA ไปใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบายและพัฒนาการเรียนการสอนในโรงเรียนทั้งในแง่การส่งเสริมคุณภาพ และลดความเหลื่อมล้ำในการพัฒนากำลังคนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศชาติเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น (ไกรยส ภัทราวาท, 2559)

และจากผลรายงานการทดสอบข้อสอบมาตรฐานกลางโดยสำนักทดสอบทางการศึกษา (สพฐ.)ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) จังหวัดสมุทรสงคราม ตั้งแต่ปีการศึกษา 2557 - 2559 มีคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 26.91, 33.71 และ 34.56 ตามลำดับ โดยทักษะที่นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการตั้งสมมติฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่โรงเรียนกำหนดไว้ คือร้อยละ 75 (อ้างอิงข้อมูลสถิติผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ปี 2557-2559) แสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ยังไม่บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากการประเมินโดยผู้สอนพบว่าความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่แสดงความคิดเห็นและไม่มีการสื่อสารที่ดีกับเพื่อน ครูเน้นเนื้อหาการสอนมากกว่าให้นักเรียนแก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง นอกจากนี้หลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ มีเนื้อหาเป็นจำนวนมากทำให้ยากแก่การสอนในเวลาที่จำกัด(อ้างอิงข้อมูลการวิเคราะห์ปัญหาผู้เรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ปี 2557-2559) จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์มีความสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้ศึกษาวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมสอดคล้องกับผู้เรียนในยุคศตวรรษที่ 21 และพบว่ามีหลากหลายวิธีด้วยกัน อาทิเช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry Process) การจัดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory Learning) การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning) วิธีสอนแบบร่วมมือ (Cooperative Learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Solving) จากวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าว เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กระตุ้นเพื่อนำความสนใจอันเกิดจากตัวนักเรียนหรือเกิดจากปัญหาในชีวิตประจำวัน มาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาคำตอบด้วยตัวเอง ทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ การฟังและการสังเกต โดยนักเรียนจะเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่จะนำมาสู่การสรุปความรู้ มีการเขียนขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา การวางแผนการทำงานจนได้ผลงานที่เป็นรูปธรรม (ดุษฎี โยเหลาและคณะ, 2557: 19-20) ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ข้างต้นที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้ ผู้เรียนสามารถบูรณาการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่าง ๆ (ธีรชัยปูรณโชติ, 2544: 1-2; สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์, 2548: 223; วิชัย วงษ์ใหญ่, 2554: 136-137; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557: 6) เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการในหลาย ๆ ด้านอย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

จากความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) จะสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนโดยเน้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาและฝึกการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการหรือวิธีการผนวกกับความรู้ทางทักษะต่าง ๆ ประกอบกันอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี หลักการของการจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการสืบสอบและแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม (Group Investigation Instructional Model) (นันทกา พหลยุทธ, 2554, อ้างถึงใน Yoyce & Weil, 1996: 80-88) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่าสิ่งสำคัญที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกหรือความต้องการที่จะสืบค้นหรือเสาะแสวงหาความรู้นั้นคือ ปัญหา แต่ปัญหานั้นจะต้องมีความหมายต่อผู้เรียนและท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการในการแสวงหาคำตอบ นอกจากนั้นยังต้องเป็นปัญหาชวนให้เกิดความงุนงงสงสัยหรือก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด จะยิ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเสาะแสวงหาความรู้หรือคำตอบมากยิ่งขึ้น รวมถึงการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกระบวนการทางความคิด สอดคล้องกับ วรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 3) ที่กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา นักวิทยาศาสตร์รวมถึงผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จะนำมาใช้แก้ปัญหา ศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยยึดตามแนวคิดของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American association for the advancement of science: AAAS: 1848 - 1899) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประเภท คือ ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ เหมาะสำหรับระดับประถมศึกษา และระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะเหมาะสำหรับระดับมัธยมศึกษา ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548) ได้แก่ 1) การกำหนดและการควบคุม ตัวแปร 2) การตั้งสมมติฐาน 3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 4) การทดลองและ 5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุป เพื่อตอบสนองต่อทักษะศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย 8 ทักษะที่สำคัญได้แก่ 1) ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา 2) มีทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3) ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ 4) ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ 5) ทักษะด้านการสื่อสารสนเทศและรู้เท่าทันสื่อ 6) ทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 7) ทักษะอาชีพและทักษะการเรียนรู้ และ 8) ทักษะการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทักษะที่ผู้วิจัยต้องการให้เกิดกับผู้เรียน คือ ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity & Innovation) โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วย

ตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั่นเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตอนนี้มีความหมายต่อผู้เรียน คงทน ถาวร ผู้เรียนจะไม่ลืมง่ายและสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดี นอกจากนั้นความรู้ ที่สร้างขึ้นเองนี้จะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด (ทิศนา แขมมณี, 2559: 96)

ด้วยโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) มีจุดเน้นที่ต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะและความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด มีทักษะชีวิตและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ จึงได้มีการส่งครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ไปอบรมเพื่อศึกษาเทคนิควิธีการสอน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ อาทิเช่น การสอนและการจัดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้เล็งเห็นความสำคัญของการนำความรู้ที่ได้รับมาพัฒนาและต่อยอดกับผู้เรียน ตลอดจนเมื่อสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อนำมาวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคลแล้วกับพบว่า ยังต้องพัฒนาในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจที่จะนำการสอนตามแนวสะเต็มศึกษามาเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับทักษะศตวรรษที่ 21 ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity & Innovation) ซึ่งผู้เรียนจะใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง นำความรู้ที่ได้รับมาบูรณาการ ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาผลงานใหม่ ๆ และเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะทางสติปัญญาจนนำมาสู่การศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ เพื่อใช้แก้ปัญหาจนบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษา/อบรม เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาแล้วพบว่า มีแนวทางด้วยการตั้งปัญหาหรือการตั้งคำถามจนนำไปสู่การหาคำตอบ และเพิ่มการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Desing Process) เข้าร่วมด้วยเพื่อให้สามารถสร้างและพัฒนาผลงานใหม่ ๆ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน จากการสร้างสรรค์ผลงานจึงได้เกิดเป็นแนวคิดการวิจัยเชิงทดลอง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้

1. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory)

ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล (2542, อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548: 3) กล่าวว่า เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการกระทำของตนเอง โดยให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา โดยผู้เรียนจะต้องพยายามคิดหรือกระทำอย่างไตร่ตรอง จนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ ซึ่งความรู้ใหม่ที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ทิศนา แขมมณี (2559: 90-91) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ว่าจัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (cognitive psychology) มีรากฐานมาจากผลงานของ Ausubel และ Piaget กล่าวไว้ 2 ประเด็นที่สำคัญด้วยกันคือ ประเด็นสำคัญประการแรกของทฤษฎีการเรียนรู้ตาม Constructivism คือผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (cognitive apparatus) ของตนประเด็นสำคัญประการที่สองของทฤษฎี คือการเรียนรู้ตามแนว Constructivism คือโครงสร้างทางปัญญา เป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางปัญญาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

Brooks and Brooks (1993: VII, อ้างถึงใน สุเทพ อ่วมเจริญ, 2559: 102) กล่าวว่า ความรู้เป็นสิ่งชั่วคราวที่ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ไม่มีความเป็นปรนัย ส่วนการเรียนรู้เป็นกระบวนการกำกับตนเองที่บุคคลใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากความขัดแย้งทางความคิด โดยใช้ประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม การสนทนาในขณะทำงานและการสะท้อนความคิดเห็นให้กันและกัน

Duffy and Cunningham (1996) ได้กล่าวว่าการเรียนรู้ตามแนว Constructivism เป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเองและเป็นกระบวนการสร้างมากกว่าการรับความรู้ ดังนั้นเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนจะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ มุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคลและเชื่อว่าสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความเป็นจริง

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำผู้เรียนจะเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งซึ่งจะทำให้ผู้เรียนต้องหาทางออกของปัญหาโดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่เชื่อมโยงกันอย่างมีความหมาย

2. ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมานั่นหมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเอง ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจะอยู่คงทน ผู้เรียนไม่ลืมง่ายและจะสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจในความคิดของตนได้ดี นอกจากนั้นความรู้ที่สร้างขึ้นยังเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด (ทิศนา แขมมณี, 2559: 96) และเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจจะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไปการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกันการสร้างสรรค์ผลงานและความรู้รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย รวมไปถึงบรรยากาศที่มีความเป็นมิตรเป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัยสบายใจซึ่งจะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข (ทวีป แซ่ฉิน, 2556: 11)

3. แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการกับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถามแก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีลักษณะ 5 ประการได้แก่ 1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ 2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ 3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) ท้าทายความคิดของนักเรียน และ 5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท, กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) ผู้วิจัยได้ยึดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี (สสวท.) 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ รวมถึงข้อดีและข้อจำกัด 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2557)

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) (2524: 1-17) ได้กล่าวถึงความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะนำไปสู่การค้นหาความรู้จากการสำรวจตรวจสอบหรือจากการทดลอง เพื่อหาข้อเท็จจริงหรือเพื่อต้องการพิสูจน์กฎ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ โดยยึดตามสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American association for the advancement of science: AAAS, 1970: 30-176) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ เหมาะสำหรับระดับประถมศึกษา และระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ เหมาะสำหรับระดับมัธยมศึกษา (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548) การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้อ้างอิงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวซึ่งเหมาะกับระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยแบ่งการประเมินไว้ 5 ทักษะ คือ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 3) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง และ 5) การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป

5. แนวคิดผลงานสร้างสรรค์

ผลงานสร้างสรรค์ คือ การสร้างผลงานที่มีการศึกษาค้นคว้าจนนำมาผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ ประสบการณ์ มีการวางแผน ออกแบบ มีขั้นตอนกระบวนการเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความกลมกลืนกัน เป็นผลงานที่มีความแปลกใหม่ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จนเกิดเป็นผลงานที่มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อสังคมและผู้อื่น (อารี รังสินันท์, 2532)

ลักษณะผลงานสร้างสรรค์เป็นผลงานที่สืบเนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ผลงานที่เกิดขึ้นจะต้องเป็นประโยชน์ มีความสวยงาม เป็นผลงานที่มีความแปลกใหม่หรือมีการพัฒนาจากของเดิมที่มีอยู่ให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น ผลงานสร้างสรรค์จะอยู่ในระดับใดนั้นขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของผู้เรียนที่ถ่ายทอดออกมา ซึ่งความสามารถที่แตกต่างกันนั้นจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความแตกต่างกันด้วย ผลงานสร้างสรรค์ที่ผลิตออกมาจะให้คุณค่าทั้งด้านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จของตนเอง ดังนั้นการพิจารณาผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนจึงควรมีลักษณะที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่และเพื่อให้สามารถพัฒนาผลงานสร้างสรรค์ให้มีคุณค่าและเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น (Schoell & Guiltinan, 1988)

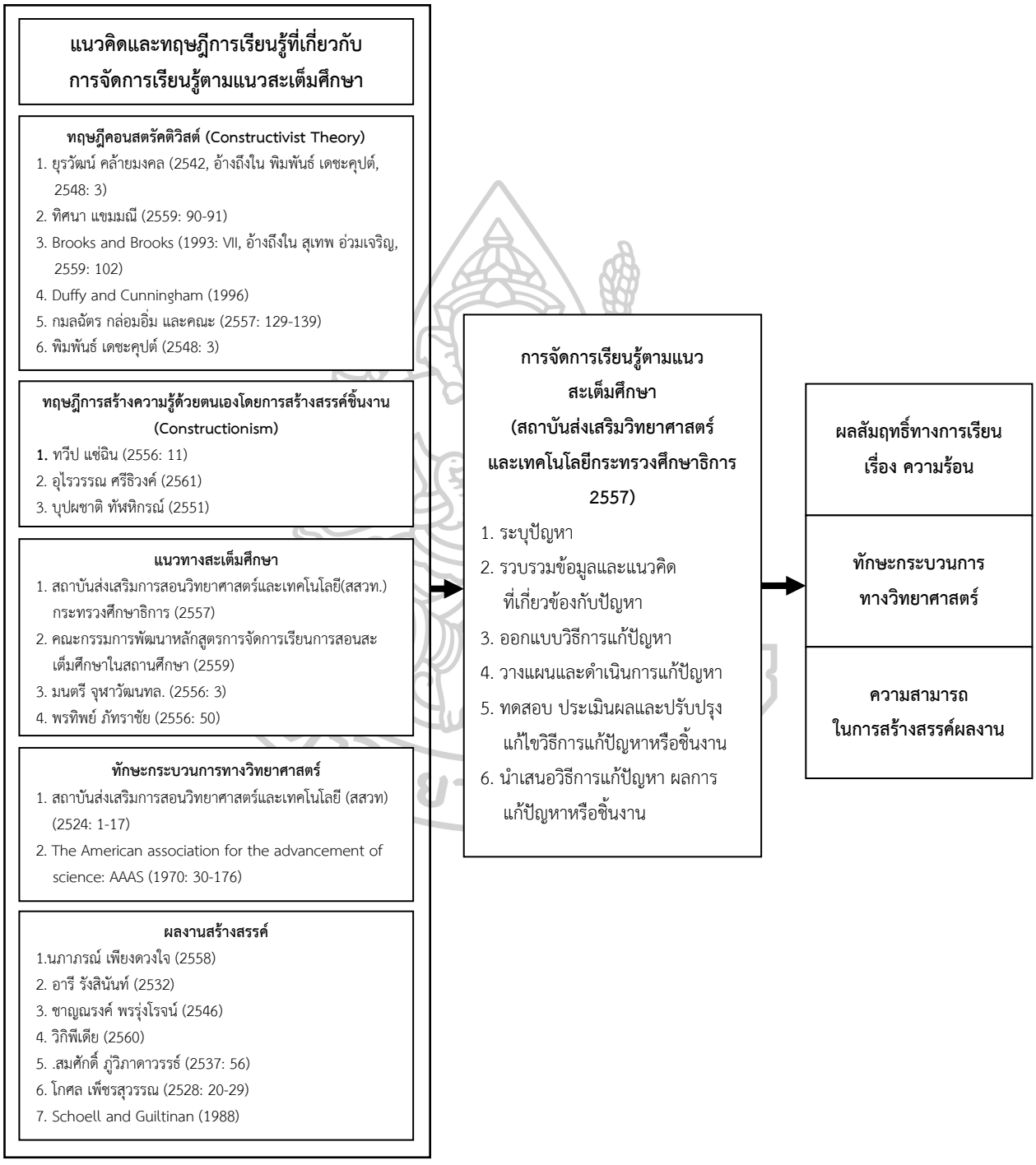
ความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างผลงานจะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานทำให้เกิดเป็นความคิดใหม่ มีแนวทางใหม่และการดำเนินงานใหม่ ๆ มีความเข้าใจและแก้ปัญหาในรูปแบบใหม่โดยเกิดจากความคิดที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับความรู้ที่ได้รับ โดยผลงานนั้นจะเกิดมาจากความรู้และประสบการณ์นำมาเชื่อมโยงจนได้เป็นชิ้นงานที่มีความหมาย ผลงานที่เกิดขึ้นอาจมีความแปลกแหวกแนวหรืออาจเป็นผลงานที่ยังไม่เป็นที่รู้จักมาก่อนก็ได้

ดังนั้นความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน หมายถึง การสร้างสรรค์งานสิ่งใหม่ เป็นการพัฒนาผลงานใหม่ ๆ โดยเกิดจากการเรียนรู้และอาศัยศึกษาตามแบบอย่างเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่แล้ว และใช้ประสบการณ์เดิมบวกความรู้ที่ได้รับมาใหม่ จนกระทั่งเกิดเป็นการสร้างความรู้ของตนเอง การสร้างสรรค์ผลงานจึงเป็นกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและทำให้เกิดความเพลิดเพลินในการเรียนรู้ โดยมีการนำเอาวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุในท้องถิ่นมาสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ผลงานตามที่ตนเองต้องการ และนำเสนอผลงานสร้างสรรค์ของตนเองเพื่อนำไปสู่การแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้อื่น (ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์, 2546)

การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานนั้น ประเมินโดยการวัดความสามารถในการคิดของผู้เรียน โดยวัดจากผลงานที่มีความแปลกใหม่ เป็นผลงานที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้และมีการต่อเติมหรือมีการสังเคราะห์ผลงานขึ้นมาใหม่ ซึ่งผลงานเหล่านี้จะเกิดมาจากความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับนำมาเชื่อมโยงให้สัมพันธ์กับสถานการณ์ เช่น ด้านวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (วิกิพีเดีย, 2560)

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังแผนภาพที่ 1 ดังนี้

กรอบแนวคิดในการวิจัย ดังแผนภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

คำถามในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับใด

3. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

2. เพื่อศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

3. เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สูงกว่าก่อนเรียน

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดีและมีพัฒนาการสูงขึ้น

3. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดี

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม จำนวน 545 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย (แจ่มประชานุกูล) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม จำนวน 22 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ปีการศึกษา 2562 ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับสลากได้โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.1 ตัวแปรต้นได้แก่

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความร้อน

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3) ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

4. สาระการเรียนรู้ เป็นสาระการเรียนรู้จากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัส ว 21102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงานการเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัด ว 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์ แปล ความหมาย ข้อมูล และ คำนวณปริมาณ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยน อุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะ โดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$,ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสสาร,ว 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน ,ว 2.3 ม.1/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อนโดยวิเคราะห์ สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน,ว 2.3 ม.1/5 วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่าง สสารจนเกิดสมดุลความร้อนโดยใช้สมการ Q สูญเสีย = Q ได้รับ, ว 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน ,ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบเลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน ประกอบด้วย 4 เรื่องได้แก่ 1. ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน 2. ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน 3. การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ และ4. การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้

5. ระยะเวลาในการทดลอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาทดลองสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 4 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 วิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมโดยการให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งผู้วิจัยได้นำขั้นตอนและวิธีการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) มี 6 ขั้นตอนดังนี้

1.1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

1.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

2. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทดสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง ความร้อน วัดโดยแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ระดับความสามารถของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าข้อเท็จจริงด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้นรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้แก้ปัญหา เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะซึ่งเหมาะสำหรับระดับการศึกษาในชั้นมัธยมศึกษา(The American association for the advancement of science: AAAS (1970: 30-176) ประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 4) การทดลอง 5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุป ซึ่งให้คะแนนเป็นรายกลุ่มตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubrics Score มี 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้และปรับปรุงโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

4. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน หมายถึง การสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานของนักเรียนโดยวัดความสามารถของนักเรียนจากชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนนั้นจะเกิดจากการคิดเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับความรู้ที่นักเรียนได้รับ เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ในเนื้อหาแล้วสามารถนำความรู้นั้นมาใช้แก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นจนได้เป็นชิ้นงานออกมา ซึ่งลักษณะของการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนนั้นอยู่ในลักษณะของผลงานดัดแปลง(modification product) เป็นผลงานที่เกิดจากการปรับปรุงขึ้นมาใหม่หรือมีการพัฒนาจากผลงานเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้วโดยมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจนเกิดเป็นผลงานชิ้นใหม่ (Schoell and Guiltinan) และใช้การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์

ผลงานโดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score มีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน จำนวน 1 ข้อ 2) ด้านการแก้ปัญหา จำนวน 2 ข้อ 3) ด้านการใช้ประโยชน์ จำนวน 2 ข้อ และ 4) ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ จำนวน 2 ข้อ และจำแนกระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้และปรับปรุง โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

5. นักเรียน หมายถึง ผู้เรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถนำความรู้และประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้

2. ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์สามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้

3. โรงเรียนได้บุคลากรที่มีความสามารถในการพัฒนาวิชาชีพและนักเรียนที่มีคุณภาพ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง : การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งผู้วิจัยได้เรียบเรียงหัวข้อดังนี้ 1) หลักสูตรโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 3) แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ 4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5) ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน และ 6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ได้จัดทำขึ้นตามแนวทางที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และเป็นไปตามมาตรา 27 วรรค 2 แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ซึ่งกำหนดให้สถานศึกษา มีหน้าที่จัดทำสาระของหลักสูตรสถานศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่คณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลาง ในส่วนที่เกี่ยวกับสภาพปัญหาในชุมชนและสังคม คุณลักษณะอันพึงประสงค์เพื่อเป็นคนเก่ง ดีและมีความสุข ของครอบครัว ชุมชน สังคมและประเทศชาติ หลักสูตรโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) พุทธศักราช 2562 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้

พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลสร้างสรรค์และมีคุณธรรมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ)

การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานจะต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนของชาติให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากลสอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 และโลกในศตวรรษที่ 21

กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยนำข้อมูลจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 มาใช้เป็นกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรให้มีความเหมาะสมชัดเจนยิ่งขึ้น ในระยะสั้นเห็นควรปรับปรุงหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ และเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ หรือสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ที่เอื้อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การใช้ทักษะการคิดเชิง คำนวณ ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งใช้ความรู้ ความสามารถ ทักษะกระบวนการและเครื่องมือทางภูมิศาสตร์เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวอย่างเข้าใจสภาพที่เป็นอยู่และการเปลี่ยนแปลง เพื่อนำไปสู่การจัดการและปรับใช้ในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพอย่างสร้างสรรค์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กระทรวงศึกษาธิการ)

1.1 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้ กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงานและคลื่น

วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับโลกในเอกภพ ระบบโลก และมนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงของโลก

เทคโนโลยี

- การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

- วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กระทรวงศึกษาธิการ)

1.2 คุณภาพผู้เรียน

เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของ ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะ ทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซมและตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรงพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

2. เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการ แยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเหและความเข้ม ของแสง

4. เข้าใจแรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ แรงเสียดทาน การหมุนของวัตถุ โมเมนต์ของ แรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน ความสัมพันธ์ระหว่างงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าและหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

5. เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ เสียง การสะท้อน การหักเห และความเข้มของแสง

6. เข้าใจตำแหน่งของกลุ่มดาวฤกษ์บนท้องฟ้า สมบัติและองค์ประกอบของดาวเคราะห์ แต่ละดวงในระบบสุริยะ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก ความสำคัญและประโยชน์ในการ ใช้งานของเทคโนโลยีอวกาศ สมบัติและประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้นที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

7. เข้าใจระบบโลก โครงสร้างของโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนโลก และใต้ผิวโลก กระบวนการเกิดซากดึกดำบรรพ์ การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศที่ทำให้เกิด ปรากฏการณ์ต่าง ๆ กระบวนการเกิดธรณีพิบัติภัย และปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

8. เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของ เทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะและทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับ การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึง ทรัพย์สินทางปัญญาแสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหา ความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

9. นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและ สารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียน โปรแกรมอย่างง่ายเพื่อ ช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทัน และรับผิดชอบต่อสังคม

10. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยานหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง สร้างสมมติฐานที่สามารถนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบ ออกแบบและลงมือสำรวจตรวจสอบโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม เลือกใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย

11. วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐาน โดยใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมาย และลงข้อสรุปและสื่อสาร ความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

12. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิด สร้างสรรค์ เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีที่เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้า เพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการ เปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือแย้งจากเดิม

13. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชมยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

14. แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560.สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กระทรวงศึกษาธิการ)

1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิต กับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารผ่านเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลกรวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมี ประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม (ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้

แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2552)

1.4 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐานโรงเรียนวัดบางน้อย“แจ่มประชานุกูล” ได้ดำเนินการตามหลักการและมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้กำหนดกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาและจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาผู้เรียนทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพ ด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงและแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในหลักสูตรสถานศึกษาเล่มนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาอย่างมีคุณภาพ มีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เน้นตามสภาพจริงและช่วยแก้ปัญหาการเทียบโอนการศึกษาระหว่างสถานศึกษา ทำให้ผู้เรียนเกิดคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) รวมทั้งได้กำหนดกรอบและทิศทางในการจัดการศึกษาทุกรูปแบบและครอบคลุมผู้เรียนทุกกลุ่มเป้าหมายในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน การจัดหลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) นี้จะประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่คาดหวังได้เพราะทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งระดับชาติ ชุมชน ครอบครัว และบุคคลต้องร่วมรับผิดชอบโดยร่วมกันทำงานอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องเพื่อพัฒนาและส่งเสริมให้ผู้เรียนไปสู่คุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ ในหลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.4.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรมมีจิตสำนึกในความเป็นไทย ยึดมั่นในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

1.4.2 จุดหมาย

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีคุณธรรมเป็นคนเก่ง มีปัญญาอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุขมีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพจึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเองมีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหาการใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

1.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียน ตามหลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) นั้นมุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังนี้

1.5.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคมแสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่องการทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อมและการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้การสื่อสารการทำงานการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

1.5.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

1.6 ระดับการศึกษา

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) จัดระดับการศึกษาเป็น 2 ระดับ ดังนี้

1. ระดับประถมศึกษา (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6) การศึกษาระดับนี้เป็นช่วงแรกของการศึกษาภาคบังคับมุ่งเน้นทักษะพื้นฐานด้านการอ่าน การเขียน การคิดคำนวณ ทักษะการคิดพื้นฐานการติดต่อสื่อสาร กระบวนการเรียนรู้ทางสังคมและพื้นฐานความเป็นมนุษย์ การพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างสมบูรณ์และสมดุลทั้งในด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ สังคมและวัฒนธรรม โดยเน้นจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

2. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) เป็นช่วงสุดท้ายของการศึกษาภาคบังคับ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สำรวจความถนัดและความสนใจของตนเองส่งเสริมการพัฒนาบุคลิกภาพส่วนตนมีทักษะในการคิดวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์และคิดแก้ปัญหา มีทักษะในการดำเนินชีวิต มีทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ มีความรับผิดชอบต่อสังคม มีความสมดุลทั้งด้านความรู้ ความคิด ความดีงามและมีความภูมิใจในความเป็นไทย ตลอดจนใช้เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพหรือการศึกษาต่อ

1.7 การจัดเวลาเรียน

หลักสูตรสถานศึกษาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ได้กำหนดกรอบโครงสร้างเวลาเรียนขั้นต่ำสำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้ 8 กลุ่มและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ไว้ดังนี้

1. ระดับชั้นประถมศึกษา (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6) จัดเวลาเรียนเป็นรายปีโดยมีเวลาเรียนวันละ 5 ชั่วโมง ปีละ 1,000 ชั่วโมง

2. ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) จัดเวลาเรียนเป็นรายภาค มีเวลาเรียนวันละ 6 ชั่วโมง ภาคเรียนละ 600 ชั่วโมง คิดน้ำหนักของรายวิชาที่เรียนเป็นหน่วยกิต ใช้เกณฑ์ 40 ชั่วโมงต่อภาคเรียน และมีค่าน้ำหนักวิชาเท่ากับ 1 หน่วยกิต (นก.)

การกำหนดโครงสร้างเวลาเรียนพื้นฐาน เพิ่มเติมและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนสถานศึกษาได้กำหนด ดังนี้

ระดับประถมศึกษา ปรับเวลาเรียนพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม โดยเพิ่มสาระประวัติศาสตร์ จำนวน 40 ชั่วโมง/ปีและเลือกวิชาเพิ่มเติมได้อีกไม่เกิน 40 ชั่วโมง/ปี

ระดับมัธยมศึกษา ปรับเวลาเรียนพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมโดยเพิ่มสาระประวัติศาสตร์ จำนวน 20 ชั่วโมง/ภาคเรียน (40 ชั่วโมง /ปี) และเลือกวิชาเพิ่มเติม ได้อีกไม่เกิน 100 ชั่วโมง/ภาคเรียน(ไม่เกิน 200 ชั่วโมง /ปี)

กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน กำหนดในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีละ 120 ชั่วโมง นั้นเป็นเวลาสำหรับปฏิบัติกิจกรรมแนะแนว กิจกรรมนักเรียนและกิจกรรมเพื่อสังคมและสาธารณประโยชน์ในส่วนกิจกรรมเพื่อสังคมและสาธารณประโยชน์ สถานศึกษาจัดสรรเวลาให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมดังนี้ ระดับประถมศึกษา (ป.1-6) รวม 6 ปี จำนวน 60 ชั่วโมง ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม. 1-3) รวม 3 ปี จำนวน 45 ชั่วโมง

โครงสร้างเวลาเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กำหนดกรอบโครงสร้างเวลาเรียนระดับมัธยมศึกษาไว้ ดังนี้

ตารางที่ 1 โครงสร้างเวลาเรียนระดับมัธยมศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

กลุ่มสาระการเรียนรู้/กิจกรรม	**เวลาเรียน/ปี**		
	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น		
	ม.1	**ม.2**	**ม.3**
● **กลุ่มสาระการเรียนรู้**			
ภาษาไทย	120(3นก.)	120(3นก.)	120(3นก.)
คณิตศาสตร์	120(3นก.)	120(3นก.)	120(3นก.)
วิทยาศาสตร์	120(3นก.)	120(3นก.)	120(3นก.)
สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม	120(3นก.)	120(3นก.)	120(3นก.)
ประวัติศาสตร์	40(1นก.)	40(1นก.)	40(1นก.)
สุขศึกษาและพลศึกษา	80(2นก.)	80(2นก.)	80(2นก.)
ศิลปะ	80(2นก.)	80(2นก.)	80(2นก.)
การงานอาชีพ	80(2นก.)	80(2นก.)	80(2นก.)
ภาษาต่างประเทศ	120(3นก.)	120(3นก.)	120(3นก.)
ดนตรี-นาฏศิลป์	40(1นก.)	40(1นก.)	40(1นก.)
รวมเวลาเรียน(พื้นฐาน)	880(22นก.)	880(22นก.)	880(22นก.)
● **กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน**	120	120	120
●**รายวิชา/กิจกรรมที่สถานศึกษาจัดเพิ่มเติมตามความพร้อมและจุดเน้น**	ปีละไม่เกิน 200 ชั่วโมง		
รวมเวลาเรียนทั้งหมด	**ไม่เกิน 1,200 ชั่วโมง/ปี**		

1.8 คำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 รหัสวิชา ว 21102 **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 **จำนวน 60 ชั่วโมง**

ศึกษาวิเคราะห์ สมบัติทางกายภาพของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ สารบริสุทธิ์ สารประกอบโครงสร้างอะตอม การเคลื่อนที่ของอนุภาคของแข็ง ของเหลว แก๊ส พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร ความดันอากาศ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะ การใช้เทอร์มอมิเตอร์ การหดตัวและขยายตัวของสาร การถ่ายโอน การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ การประมวลผลข้อมูล การสร้างทางเลือกและประเมินผลเพื่อตัดสินใจ ซอฟต์แวร์และบริการบนอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในการจัดการข้อมูล แนวทางการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศให้ปลอดภัย การจัดการอัตลักษณ์ การพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา ข้อตกลงและข้อกำหนดการใช้สื่อและแหล่งข้อมูล

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสังเกต สืบค้นข้อมูล การทดลอง การลงความเห็นจากข้อมูลการสื่อความหมาย การจำแนกประเภท การวิเคราะห์ การอภิปราย การรวบรวมข้อมูลและสร้างทางเลือกในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพใช้เทคโนโลยีค้นหาความรู้ มีความคิดสร้างสรรค์ มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และตระหนักถึงการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และไม่สร้างความเสียหายให้แก่ผู้อื่น

มาตรฐานและตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/5, ม.1/6, ม.1/7, ม.1/8, ม.1/9, ม.1/10

ว 2.3 ม.1/1, ม.1/2, ม.1/3, ม.1/4, ม.1/5, ม.1/6, ม.1/7

ว 4.2 ม.1/1 , ม.1/2 , ม.1/3 , ม.1/4

รวม 21 ตัวชี้วัด

โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 **รหัสวิชา ว 21102**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 **จำนวน 60 ชม./ปี**

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาที่ใช้ (ชม.)	น้ำหนัก (คะแนน)
1	- ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน - ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน - การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์,ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ - การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้	ว 2.3 ม.1/1 ว 2.3 ม.1/2 ว 2.3 ม.1/3 ว 2.3 ม.1/4 ว 2.3 ม.1/5 ว 2.3 ม.1/6 ว 2.3 ม.1/7	- ความร้อนกับอุณหภูมิ การถ่ายโอนความร้อน - ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสารและสมดุลความร้อน - การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อน ความร้อนกับการขยายตัว หดตัวและประโยชน์ - ทดลองเรื่องความร้อนและการนำไปใช้ประโยชน์	3 3 3 3	2 2 2 2
2	โครงสร้างอะตอม สมบัติของสาร	ว 2.1 ม.1/1-8 ว 2.1 ม.1/4-6	- ธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ - สารบริสุทธิ์และสารผสม - อะตอม ธาตุ และสารประกอบ - สถานะของสาร - ทดลองสมบัติของสาร - การจำแนกสาร	3 3 2 3 5 2	2 2 2 2 3 2
สรุปทบทวนภาพรวมและสอบกลางภาคเรียนที่ ๒				**3**	**20**
3	ธาตุและสารประกอบ	ว 2.1 ม.1/1-3 ว 2.1 ม.1/7	- ธาตุและสัญลักษณ์ของธาตุ - สารประกอบ - ประโยชน์ของธาตุและสารประกอบ	2 2 3	2 2 3

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาที่ใช้ (ชม.)	น้ำหนัก (คะแนน)
4	สถานะของสารและการเปลี่ยนแปลงสถานะ	ว 2.1 ม.1/9-10	- สถานะและสมบัติสาร - การเปลี่ยนสถานะของสาร - ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสาร - ประโยชน์ของการเปลี่ยนสถานะของสาร	2 3 2 3	2 2 2 3
5	การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย	ว 4.2 ม.1/1-4	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ - นำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	2 2	2 2
สรุปทบทวนภาพรวมและสอบปลายภาคเรียนที่ ๒				**3**	**30**
รวมตลอดภาคเรียน				**60**	**100**
อัตราส่วนคะแนนระหว่างเรียนกับการสอบเท่ากับ 70/30					

ที่มา: โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) หลักสูตรสถานศึกษา สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2, 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) (อัดสำเนา)

จากตารางโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความร้อน 12 ชั่วโมง มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัด ว 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์ แปล ความหมาย ข้อมูล และคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้ สสารเปลี่ยน อุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$ ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของ สสาร ว 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลอง ที่อธิบายการ ขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน ว 2.3 ม.1/4 ตระหนักถึง ประโยชน์ของความรู้ของการหดและขยายตัวของ สสารเนื่องจาก ความร้อน โดย วิเคราะห์ สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ว 2.3 ม.1/5 วิเคราะห์ สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อน ที่ถ่ายโอนระหว่าง สสารจนเกิดสมดุล ความร้อนโดยใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$ ว 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดย การนำความร้อนการพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบเลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เนื่องจากในหน่วยการเรียนนี้มีเนื้อหาสาระที่เหมาะสมในการส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

2.1 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION)

ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาแนวคิดเกี่ยวกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อกระบวนทัศน์ทางการเปลี่ยนแปลงไปการจัดการศึกษาทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิด เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีให้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้การมีทักษะทางสังคม แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ผู้เรียนสามารถบูรณาการการเรียนรู้ได้ทั้งในห้องเรียนและในชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนตลอดจนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้และเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีความแข็งแกร่ง (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) กระทรวงศึกษาธิการ)สอดคล้องกับแนวคิดของ Dewy (1859-1952) นักปรัชญาและนักการศึกษาชาวอเมริกันเป็นผู้วางรากฐานแนวคิดการศึกษาใหม่แก่ผู้เรียนโดยการนำความคิดไปสู่การกระทำ (Learning by doing) จากแนวคิดนี้สามารถเชื่อมโยงกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะบูรณาการความรู้ เพราะการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการคิดแก้ปัญหา เรียนรู้การทำงานร่วมกันเกิดทักษะกระบวนการคิดและทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับและสามารถสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพจากการปฏิบัติงานดังนั้นวิธีสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงเป็นเทคนิควิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จริงปฏิบัติจริง สามารถคิดแก้ปัญหาอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงานใหม่ตามศักยภาพของตนเองโดยมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษาเพื่อสร้างเสริมคุณลักษณะให้เป็นบุคคลที่มีคุณภาพและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันให้เกิดประโยชน์

2.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สถาบันที่เกี่ยวข้องการศึกษาและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) คือแนวทางจัดการศึกษาที่บูรณาการใน 4 สหวิทยาการได้แก่วิทยาศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556: 3) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) เป็นแนวทางใหม่ในการจัดการศึกษาสายวิชา วิทยาศาสตร์ที่เน้นการบูรณาการการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานจนถึงอุดมศึกษา อาชีวศึกษาและการศึกษาตลอดชีวิตเพื่อให้คนไทยมีความรู้และทักษะสำหรับสร้างสรรค์สิ่งใหม่ สามารถประกอบวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนมีคุณภาพชีวิตที่ดีในยุคประชาคมอาเซียน

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556: 15) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” STEM Education เป็นวิทยาการจัดการ เรียนรู้แบบบูรณาการที่มีการนำวิทยาศาสตร์ (Science), เทคโนโลยี (Technology), วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยผ่านการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

พรทิพย์ ภัทราชัย (2556: 50) กล่าวว่า “สะเต็มศึกษา” STEM Education คือ การสอบแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integeation) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

Capraro, Capraro, and Morgan (2013), Gonzalez and Kuenzi (2012) และ Zollman (2011) กล่าวว่า สะเต็ม (STEM) เป็นคำที่ย่อมาจากวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ส่วนสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผู้สอนจะสอนแบบแยกเป็นรายวิชาเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ต่อมามีการสอนแบบบูรณาการโดยเพิ่มวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีเข้าไป จึงทำให้สะเต็มศึกษาเกี่ยวข้องกับ 4 วิชาดังกล่าว ในปัจจุบันสะเต็มศึกษา(STEM Education) หมายถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ดังนั้นความหมายของสะเต็มศึกษาในปัจจุบันจะครอบคลุมการเกษตร สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ การศึกษาและการแพทย์

จากความหมายดังกล่าวมาข้างต้นนี้สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าร่วมด้วย โดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้มาบูรณาการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะสามารถสร้างสรรค์ผลงานใหม่ ๆ ที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ของตนองทำให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นอันเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

2.3 การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ (2557) กล่าวถึง สะเต็มศึกษาไว้ในคู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM Education) ไว้ว่า เป็นแนวทางที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบกา รณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีข้อด้อยและความเหมาะสมเพื่อแลกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและการพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจนรวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้อาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

การแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างจากนี้ โดยอาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และโดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งการบูรณาการสามารถแบ่งไว้ได้ 4 ระดับดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration)

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะแต่ละวิชาแยกกัน การจัดการเรียนรู้ แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่าง ๆ จัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิชาการ (Multidiscipnary Integration)

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาแยกกัน แต่มีข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdiscipnary Integration)

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัด

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration)

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเชื่อมโยงความรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้นครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัยได้แก่

1. ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ
2. ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ความรู้เดิมของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หรือโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional Strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางการบูรณาการแบบนี้ ตัวอย่างเช่น พิจารณาการใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อในการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยกำหนดเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา เช่น การใช้กระติบข้าวในร้านอาหารที่มักมีการบรรจุข้าวในถุงพลาสติกก่อนบรรจุลงในกระติบข้าว เพื่อป้องกันข้าวเหนียวติดค้างที่กระติบซึ่งจะทำความสะอาดได้ยาก ดังนั้นผู้เรียนจะต้องออกแบบกระติบข้าวหรือวิธีการที่จะทำให้กระติบข้าวมีสมบัติลดการติดของข้าวเหนียวเพื่อลดการใช้ถุงพลาสติก หลังจากที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาดังกล่าวแล้ว ผู้เรียนต้องกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดและทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) จากการศึกษาผลการบูรณาการสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาทั้ง 4 ระดับ

สิ่งที่สามารถบูรณาการได้	การบูรณาการภายในวิชา	การบูรณาการแบบพหุวิชาการ	การบูรณาการแบบสหวิทยาการ	การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา
1. ด้านเนื้อหา	✓	✓	✓	✓
2. กระบวนการของสะเต็มศึกษา	✓	✓	✓	✓
3. ศึกษาเรื่องใกล้ตัว	✓	✓	✓	✓
4. ฝึกคิดแก้ปัญหา	✓	✓	✓	✓
5. เชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ	-	-	✓	✓
6. การทำงานร่วมกัน	-	-	✓	✓

2.3.1 มาตรฐานสะเต็มศึกษา

ฝ่ายประเมินมาตรฐาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการอสนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) กระทรวงศึกษาธิการ (2558) กล่าวถึงมาตรฐานสะเต็มไว้ว่า มาตรฐานสะเต็มศึกษาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่จะช่วยสะท้อนภาพการจัดการเรียนรู้ว่าสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำไปใช้ในการพัฒนาและส่งเสริมคุณภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้เกิดผลในเชิงปฏิบัติในชั้นเรียน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4 มาตรฐานสะเต็มศึกษา: บูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาชีวิตจริง

ตัวชี้วัด	**ระดับ**
	มัธยมศึกษาตอนต้น
ตัวชี้วัดที่ 1 : ระบุปัญหาที่พบ	· **ระบุปัญหาที่พบจากการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณได้** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - การตอบซักถาม การเสนอความคิดเห็น การอธิบาย การอภิปรายกลุ่มที่แสดงถึงการระบุปัญหา อาจพิจารณาจากแบบบันทึกการสังเกต หรือแบบสัมภาษณ์ - ข้อมูลจากใบงาน แบบบันทึก กิจกรรม รายงาน ผังความคิด - บันทึกการศึกษาค้นคว้าข้อมูลหรือแนวคิดจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ · **กำหนดของเขตของปัญหาได้** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - การตอบข้อซักถาม การอธิบาย การอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับหัวข้อโครงงาน - ข้อมูลจากใบงาน แบบบันทึกกิจกรรม รายงาน เค้าโครงโครงงาน ผังความคิด อาจพิจารณาจากจุดประสงค์ หรือการระบุตัวแปร
ตัวชี้วัดที่ 2 : รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	· **รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - การบันทึกข้อมูลที่เชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ · **วิเคราะห์และเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - การตอบข้อซักถาม การอธิบาย การอภิปรายร่วมกับครูผู้สอนเกี่ยวกับเหตุผลที่ใช้ในการเลือกข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 4 มาตรฐานสะเต็มศึกษา: บูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาชีวิตจริง (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ระดับ
	มัธยมศึกษาตอนต้น
ตัวชี้วัดที่ 2 (ต่อ)	- ข้อมูลจากใบงาน แบบบันทึกกิจกรรม รายงาน ผังความคิดที่แสดงแนวคิดในการเลือกข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาอาจมีการแสดงการจัดกระทำกับข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ เช่น การเขียนกราฟ ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น - แบบบันทึกแสดงการวิเคราะห์ข้อมูล และ/หรือแนวคิดที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหา
ตัวชี้วัดที่ 3 : ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์	· **ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - การนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี หรือรูปแบบภาพสามมิติ · เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - การตอบซักถาม การเสนอความคิดเห็น การอธิบาย การอภิปรายกลุ่มที่แสดงถึงการระบุปัญหา อาจพิจารณาจากแบบบันทึกการสังเกต หรือแบบสัมภาษณ์ · **การอธิบายแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก การนำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี หรือรูปแบบภาพสามมิติ
ตัวชี้วัดที่ 4 : วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	· **วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - แบบบันทึกแผนการปฏิบัติงานในการแก้ปัญหา อาจพิจารณาจากเอกสารเค้าโครงโครงงานหรือปฏิทินงาน · **ดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออกข้อมูลจากแบบบันทึกการสังเกต วิธีการใช้เครื่องมือของนักเรียนขณะปฏิบัติงาน ชิ้นงานหรือวิธีการ · **บันทึกขั้นตอนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตามความเป็นจริงและสอดคล้องกับปัญหา** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - แบบบันทึกขั้นตอนปฏิบัติงาน เช่น เอกสารบันทึกกิจกรรม การทดลอง ซึ่งครูเป็นผู้ออกแบบหรือนักเรียนออกแบบเอง

ตารางที่ 4 มาตรฐานสะเต็มศึกษา: บูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาชีวิตจริง (ต่อ)

ตัวชี้วัด	**ระดับ**
	มัธยมศึกษาตอนต้น
ตัวชี้วัดที่ 5 : ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา	**· ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - แบบบันทึกผลการทดสอบ แบบบันทึกกิจกรรม แบบบันทึกผลการทดลอง โดยพิจารณาจากผลการทดสอบและเสนอแนวทางการแก้ไข - แบบประเมินผลงานที่ประเมินโดยครู เพื่อนและตนเอง - ผลงาน ซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือวิธีการ - การนำเสนอด้วยวาจาเกี่ยวกับวิธีการปรับปรุงแก้ไข หรือผลงานที่ผ่านการปรับปรุง
ตัวชี้วัดที่ 6 : นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และผลการแก้ปัญหา	· นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และผลการแก้ปัญหา ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - ผลงาน ซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือรายงานผลงาน - รายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหาแบบบันทึกผลการทำกิจกรรม - นำเสนอผลงาน เช่น การพูดหน้าชั้นเรียน การจัดนิทรรศการแสดงผลงาน การประกวดผลงาน การแสดงโปสเตอร์ การทำแผ่นพับ เอกสารทางวิชาการ การนำเสนอต่อสาธารณชน - การนำเสนอผลงานโดยการใช้เทคโนโลยี - แบบประเมินการนำเสนอผลงาน **· อธิบายประเด็นหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก** ผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก - รายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหา อาจพิจารณาจากบันทึกข้อเสนอแนะในการดำเนินการแก้ปัญหา - แบบประเมินการนำเสนอผลงาน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นนี้สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้ามาร่วมด้วยเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานใหม่ ๆ ซึ่งเกิดจากการนำความรู้ทั้ง 4 กลุ่มวิชามาเชื่อมโยงกันโดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุปัญหา (Identify a Challenge) 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) 3) การวางแผนและการพัฒนา (Plan and Develop) 4) การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) แต่ละขั้นตอนนี้สามารถสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับได้ตามความเหมาะสมของกิจกรรมทั้งนี้

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสามารถใช้วิธีการบูรณาการได้ทั้งหมด 4 วิธีการได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) 2) การบูรณาการแบบพหุวิชาการ (Multidiscipnary Integration) 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdiscipnary Integration) และ 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) ซึ่งต้องคำนึงปัจจัยสำคัญ 3 ปัจจัยได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งได้มีการกำหนดมาตรฐานตัวชี้วัดการประเมินสะเต็มศึกษาเพื่อเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนที่และสะท้อนการจัดการเรียนรู้ว่าสามารถพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ เป็นแนวทางที่ดีให้ครูได้นำไปใช้ในการพัฒนาและส่งเสริมคุณภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดตัวชี้วัดไว้ 6 ด้านดังนี้ ตัวชี้วัดที่ 1 ระบุปัญหาที่พบตัวชี้วัดที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาตัวชี้วัดที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ตัวชี้วัดที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตัวชี้วัดที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาและตัวชี้วัดที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา

2.4 ขั้นตอนวิธีสอนตามแนวสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) เสนอขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ มีขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

โดยการแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างจากนี้ โดยอาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และโดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็ม ดังนี้

1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหาหรือความต้องการ รวมทั้งเงื่อนไขต่าง ๆ จากข้อมูล หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหา หรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ไขปัญหาและต้องสรุปองค์ความรู้นั้นเอง รวมทั้งต้องทำการทดลองเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกสารเคมีและอุปกรณ์ (ซึ่งพบเห็นได้ในชีวิต ประจำวันของผู้เรียน) ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของผู้เรียนเองทั้งหมด

3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผน วาดรูป และแสดงชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ซึ่งการที่ผู้เรียนสามารถวาดรูปออกแบบชิ้นงานออกมาได้จะแสดงถึงได้ผ่านกระบวนการคิดเป็นลำดับขั้นมาก่อนแล้วเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานและปฏิบัติจริง

4. การทดลอง ขั้นนี้ผู้เรียนต้องทำการทดลองตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบไว้และนักเรียนจะต้องบันทึกข้อมูลทุกอย่างที่ได้เพื่อนำไปพิจารณาผลการทดลองต่อไป

5. การประเมินและปรับปรุงแก้ไข ผู้เรียนจะได้ประเมินผลการทดลองที่ได้ของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองและบอกวิธีในการปรับปรุงแก้ไขหากยังไม่สามารถแก้ปัญหาตามเงื่อนไข หรืออาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไข และยังต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบด้วย

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่ามีขั้นตอนที่เหมาะสม ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวครอบคลุมต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน อีกทั้งขั้นตอนดังกล่าวนี้ทำให้ผู้เรียนได้วางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน

นอกจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนี้เมื่อพิจารณาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ละขั้นตอนนั้นจะพบว่าสามารถการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานได้ โดยขั้นระบุปัญหาจะเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อนำมาตั้งเป็นประเด็นที่จะใช้แก้ไข ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นนี้จะเป็นขั้นตอนศึกษา ค้นคว้าแลรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา โดยนักเรียนจะใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลและช่วยกันระดมสมองเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นของการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดต่าง ๆ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนจะได้มีการวางแผนช่วยกันสร้างผลงานได้ลงมือทำงานร่วมกับคนอื่น ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน นักเรียนจะได้ทดสอบและปรับปรุงผลงานของกลุ่มนักเรียนเอง โดยผลงานนั้นอาจเกิดความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่น ซึ่งจุดนี้จะทำให้เกิดการพัฒนางานขึ้น และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือผลงานจะเป็นขั้นของการสื่อสารนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองให้เพื่อนกลุ่มอื่นได้รับฟัง ทำให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและเป็นการฝึกการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.5 การวัดและประเมินสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ (2558) มีแนวทางการวัดและประเมินดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก จากผลงาน ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นกระบวนการคิดขั้นสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินตามสภาพจริงจ้องประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้

วิธีการที่หลากหลายให้สอดคล้องกับสถานการณ์ต่าง ๆ และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนการพัฒนาและความสามารถของผู้เรียนเพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริง สามารถประเมินได้จากแหล่งข้อมูลและวิธีการดังนี้

สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
การสัมภาษณ์
บันทึกของผู้เรียน
การประชุมปรึกษาหารือหรือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (practical assessment)
การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment)
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment)
การทดสอบ ฯลฯ

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment) เป็นการประเมินความสามารถผู้เรียนจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้ โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิดและผลงานที่ได้ ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงานและมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนการประเมินขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์และความสนใจของผู้เรียน เช่น การมอบหมายงานให้ทำ การกำหนดชิ้นงาน การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานและปฏิบัติตามขั้นตอน

3. แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์

ระบบการจัดการศึกษาในปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge Society) ซึ่งต้องพึ่งพาความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาคน องค์กร เศรษฐกิจ สังคม อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและการบริการเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ดังนั้นระบบและกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่เหมาะสมและมีคุณภาพจึงเป็นกลไกสำคัญในการนำพาประเทศไปอยู่ในกลุ่มประเทศก้าวหน้าปัจจุบัน (กรมวิชาการ, 2545)

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้คิดลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมหลากหลาย ทั้งการทำกิจกรรมภาคสนาม การสังเกตการสำรวจตรวจสอบ การทดลองในห้องปฏิบัติการ การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูล การทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น ซึ่งการเรียนรู้

ของนักเรียนจะเกิดขึ้นจากการที่นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงในการทำกิจกรรมเหล่านั้น ทำให้มีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ทำให้พัฒนากระบวนการคิดขึ้นสูง กระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวจะทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม ในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ มีเจคติและค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งสามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่าวิทยาศาสตร์ ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถตรวจสอบได้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ ซึ่งเกิดจากการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์จนผลนำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล และสามารถสื่อสารสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดังนี้แล้วการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในความหมายของวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์คือวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์หมายความว่าในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นผู้เรียนจะต้องได้ทั้งตัวความรู้วิทยาศาสตร์ วิธีการ และเจตคติวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน

พัชรา ภรณ์พสุวัต (2522: 3) อธิบายว่า วิทยาศาสตร์ คือ วิชาที่มีเนื้อหาสาระซึ่งเป็นเรื่องราวของสิ่งแวดล้อม ปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งมนุษย์ได้รวบรวมความจริง (facts) เพื่อนำมาประมวลเป็นความรู้ (knowledge) และตั้งเป็นกฎเกณฑ์ (principles) ขึ้น

ชุติมา ทองสุข (24547: 3) ได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ความรู้ที่แสดงหรือพิสูจน์ได้ว่าถูกต้องเป็นความจริง จัดไว้เป็นหมวดหมู่ มีระเบียบและขั้นตอน สรุปได้เป็นกฎเกณฑ์สากลเป็นความรู้ที่ได้มาโดยวิธีการที่เริ่มต้นด้วยการสังเกต และหรือ การจัดที่เป็นระเบียบมีขั้นตอน และปราศจากอคติ

มังกร ทองสุขดี (ม.ป.ป.: 1-2) กล่าวว่าวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา ซึ่งมนุษย์ได้ศึกษาค้นคว้าสะสมมาตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน และจะศึกษาต่อไปในอนาคตอย่างไม่รู้จักจบสิ้น

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 105-107) ได้รวบรวมทัศนะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความหมายของวิทยาศาสตร์ จากนักวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ คือ

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสืบเสาะและแสวงหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการศึกษาค้นคว้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

3.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นที่ครูผู้สอนจะต้องศึกษาหลักการและทฤษฎีการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีความสอดคล้องกับผู้เรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับการจัดกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีการเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติของ John Dewey

รุ่งทิพ จันทร์มณี (2552, อ้างถึงใน ประทุม อังกูรโรหิต, 2543) กล่าวว่า “ประสบการณ์”ตามความคิดของจอห์น ดิวอี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประสบการณ์ปฐมภูมิ (Primary experience) และประสบการณ์ทุติยภูมิ (Secondary experience) ประสบการณ์ปฐมภูมิ คือ ประสบการณ์ที่ยังไม่เป็นความรู้ หรือยังไม่ได้มีการคิดไตร่ตรองเป็นเพียงกระบวนการของการกระทำและการประสบความเปลี่ยนแปลงระหว่างอินทรีย์และสภาพแวดล้อม ส่วนประสบการณ์ทุติยภูมิ เป็นประสบการณ์ประเภทที่เป็นความรู้ ได้ผ่านกระบวนการคิดไตร่ตรองมาแล้ว ประสบการณ์ปฐมภูมิจะเป็นเนื้อหาของประสบการณ์ทุติยภูมิเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับคิดไตร่ตรอง ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนรู้จึงเน้นการปฏิบัติจริงเป็นการเรียนรู้ในแบบ Learning by doing ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ผู้เรียนได้เรียนจากการปฏิบัติจริงเป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรง โดยการทดลองปฏิบัติ เสาะหาข้อมูล จัดระเบียบข้อมูล พิจารณาหาข้อสรุป ค้นคว้าหาวิธีการกระบวนการด้วยตนเอง หรือร่วมกันเป็นกลุ่ม เน้นให้ผู้เรียนมีอิสระในการศึกษาหาความรู้ตามหลักประชาธิปไตยให้ผู้เรียนได้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น ให้ได้ค้นคว้าหาข้อมูลความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ผลการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีประสบการณ์ของจอห์น ดิวอี้ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีความสุขกับการเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนานโดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย และสื่อที่เร้าความสนใจ

2. ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจ ตามความถนัดและศักยภาพด้วยการศึกษาค้นคว้า ฝึกปฏิบัติฝึกทักษะจนถึงการเรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เกิดความเชื่อมั่นเป็นแรงจูงใจให้เกิดการใฝ่รู้ใฝ่เรียน

3. กิจกรรมกลุ่มช่วยเสริมสร้างลักษณะนิสัยที่พึงประสงค์ เกิดกระบวนการทำงาน เช่น มีการวางแผนการทำงาน มีความรับผิดชอบ เสียสละ เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ มีวินัยในตนเอง มีพฤติกรรมที่เป็นประชาธิปไตย เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ผู้เรียนที่เรียนรู้ช้าจะเรียนรู้อย่างมีความสุข มีชีวิตชีวา ได้รับกำลังใจและได้รับความช่วยเหลือจากเพื่อน ทำให้เกิดความมั่นใจ ผู้เรียนที่เรียนดีจะได้แสดงความสามารถของตนเอง มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่และแบ่งปันสิ่งที่ดีให้แก่กัน

4. ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดจากการร่วมกิจกรรมและการค้นหาคำตอบจากประเด็นคำถามของผู้สอนและเพื่อน ๆ สามารถค้นหาคำตอบและวิธีการได้ด้วยตนเอง สามารถแสดงออกได้ชัดเจนมีเหตุผล

5. ทุกขั้นตอนการจัดกิจกรรม จะสอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้ซึมซับ สิ่งที่ดีงามไว้ในตนเองอยู่ตลอดเวลา

6. คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน โดยให้แต่ละคนเรียนรู้เต็มตามศักยภาพของตน ไม่นำผลงานของผู้เรียนมาเปรียบเทียบกัน มุ่งให้ผู้เรียนแข่งขันกับตนเองและไม่เล็งผลเลิศจนเกินไป

7. ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน คือ ผู้เรียนเรียนอย่างมีความสุข เกิดการพัฒนารอบด้าน มีอิสระที่จะเลือกวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับตนเอง และนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

3.1.2 ทฤษฎีการสอนของ Jerome S. Bruner

Bruner (1956) เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมซึ่งนำไปสู่การค้นพบการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะประมวลข้อมูลข่าวสารจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และจะรับรู้สิ่งที่ตนเองเลือก หรือสิ่งที่ใส่ใจ การเรียนรู้แบบนี้จะช่วยให้เกิดการค้นพบ เนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งจะเป็นแรงผลักดันที่ทำให้สำรวจสิ่งแวดล้อมและทำให้เกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบ โดยมีการแบ่งขั้นตอนการพัฒนาไว้ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive Stage) คือ ขั้นของการเรียนรู้จากการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้สิ่งต่าง ๆ การลงมือกระทำช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ดี การเรียนรู้เกิดจากการกระทำ

2. ขั้นการเรียนรู้จากความคิด (Iconic Stage) เป็นขั้นที่เด็กสามารถสร้างมโนภาพในใจได้และสามารถเรียนรู้จากภาพแทนของจริงได้

3. ขั้นการเรียนรู้สัญลักษณ์และนามธรรม (Symbolic Stage) ขั้นพัฒนาการทางความคิดที่ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดประสบการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์ ผู้เรียนจะใช้ในการเรียนได้เมื่อมี ความสามารถที่จะเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือความคิดรวบยอดที่ซับซ้อน

3.1.3 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist)

เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม และคณะ, 2557: 129-139) กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่ 1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน รวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน 2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่ และนักเรียนแต่ละคน มีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน 3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ 4) ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถ กระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน

3.1.4 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)

เป็นทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานมีรากฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองของ Piaget เชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองด้วยตนเองของผู้เรียน ผู้เรียนได้รับโอกาสสร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม (อุไรวรรณ ศรีธิวงค์, 2561) การให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างชิ้นงานนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมเครื่องมือสร้างที่เหมาะสม เพื่อผู้เรียนจะสามารถนำเครื่องมือนั้น ๆ ไปใช้สร้างความรู้หรือชิ้นงานที่มีความหมายต่อตนเอง ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะได้รับเครื่องมือชนิดเดียวกันแต่ชิ้นงานแตกต่างกันตามจินตนาการ ความคิด และความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละคนที่แตกต่างกันไป (บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, 2551) และเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556: 11) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ จะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไป 2) เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกัน การสร้างสรรค์ผลงานและความรู้รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย 3) เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่นปลอดภัย สบายใจจะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

3.1.5 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory learning)

เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนจุดเน้นของการเรียนแบบมีส่วนร่วมคือการให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงอกก การสร้างความรู้ใหม่และการทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557: 3) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่ 1) นักเรียนแต่ละคน มีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อม อาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหาออก ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม 2) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจเลือกบทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอนฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันและทำรายงานผลการเรียนรู้ 3) นักเรียนได้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมกลุ่ม ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ทักษะการบริหาร การจัดการการเป็นผู้นำผู้ตามและที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน 4) ครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนดกิจกรรมของนักเรียน ในการนำเสนอประสบการณ์ ในกรณีที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อย ผู้สอนอาจจะยกกรณีตัวอย่างหรือสถานการณ์ก็ได้

3.1.6 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning)

Ausubel (1963) กล่าวว่า การเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Mearningful learning) เป็นการเรียนที่ผู้เรียนได้รับมาจากการที่ผู้สอนอธิบายสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ให้ทราบและผู้เรียนรับฟังด้วยความเข้าใจโดยผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนรู้กับโครงสร้างพุทธิปัญญาที่ได้เก็บไว้ในความทรงจำและจะสามารถนำมาใช้ในอนาคต และชี้ให้เห็นว่าทฤษฎีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะอธิบายเกี่ยวกับพุทธิปัญญาโดยเน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมายการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ในโครงสร้างสติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนอยู่แล้ว (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557: 92) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning) ได้แก่ 1) ผู้สอนควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียนการสอน และก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจเรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่ 2) ผู้สอนควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่สอนให้เกิดการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน 3) ผู้สอนควรใช้ Advance organizer เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของผู้สอน 4) ผู้สอน

ควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยการจัดเรียบเรียงข้อมูลข่าวสารที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่ 5) ผู้สอนควรนำเสนอกรอบหลักการกว้าง ๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่

3.1.7 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning)

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2552) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า กระบวนการเรียนรู้ได้ร่วมมือกันและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้โดยแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ซึ่งเป็นลักษณะการร่วมกลุ่มอย่างมีโครงสร้างอย่างชัดเจน มีการทำงานร่วมกันมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการช่วยเหลือพึ่งพากันและกัน มีความรับผิดชอบร่วมกันทั้งตนเองและส่วนร่วม เพื่อให้ตนเองและสมาชิกในกลุ่มประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2554) ได้กล่าวว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นวิธีการเรียนที่มีการจัดกลุ่มการทำงาน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และเพิ่มพูนแรงจูงใจทางการเรียน การเรียนแบบร่วมมือไม่ใช่วิธีการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มรวมกันแบบธรรมดา แต่เป็นการร่วมกลุ่มอย่างมีโครงสร้างอย่างชัดเจน จากการที่สมาชิกแต่ละคนในทีมมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันในการเรียนรู้ และสมาชิกทุกคนจะได้รับการกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจเพื่อที่จะช่วยเหลือและเพิ่มพูนการเรียนรู้ของสมาชิกในทีม

ลักขณา สริวัฒน์ (2557: 193-206) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการที่เน้นให้ครูใช้วิธีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมีรูปแบบการสอนให้เลือกอย่างหลากหลายตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระต่าง ๆ

ทิศนา แขมมณี (2559) กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า เป็นทฤษฎีที่เน้นการให้ผู้เรียนช่วยกันในการเรียนรู้ โดยมีการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนมีการพึ่งพาอาศัยกันในการเรียนรู้มีการปรึกษาหารือกันอย่างใกล้ชิด มีการสัมพันธ์กัน มีการทำงานร่มกันเป็นกลุ่ม มีการวิเคราะห์กระบวนการของกลุ่ม และมีการแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบงานร่วมกัน

จากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือดังกล่าวสรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแบ่งกลุ่มคละความสามารถให้คนที่เรียนเก่งช่วยเหลือคนที่เรียนอ่อน เป็นการส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นทีมมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทำให้สมาชิกในกลุ่มเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้และนำไปสู่ความสำเร็จของการเรียน

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการสอนวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์นั้นจำเป็นต้องอาศัยแนวคิดและทฤษฎีมาพัฒนาผู้เรียน เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และให้มีความสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนซึ่งครูผู้สอนจำเป็นต้องวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นรายบุคคลเพื่อจัดกลุ่มผู้เรียน นอกจากนี้ครูต้องเป็นผู้ให้คำแนะนำ ปรึกษา อำนวยความสะดวกและจัดบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนด้วย

ทั้งนี้จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ (2557) โดยมีขั้นตอนการสอนประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) มีกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รับมาใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ถูกกำหนดขึ้น ซึ่งครูผู้สอนต้องแนะนำบทเรียนให้ผู้เรียนได้เข้าใจก่อน มีการสำรวจความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนการสอนเพื่อนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษาไม่เน้นการท่องจำแต่สอนให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับมาใช้แก้ปัญหา สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning) ที่กล่าวว่า ผู้สอนควรแนะนำบทเรียนก่อนการเรียนการสอนถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่ ผู้สอนเน้นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดเชื่อมโยงมากกว่าการเรียนรู้แบบท่องทำและผู้สอนควรเรียบเรียงเนื้อหาให้เป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อการเรียนรู้ นอกจากนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษายังเป็นกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกันอีกทั้งยังมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนและครู ผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านการลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้รู้จักการวางแผนในการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับกรอบแนวคิดทฤษฎีการเรียนแบบร่วมมือ (Theory of Cooperative or Collaborative Learning) และกรอบแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ที่กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้โดยการแบ่งกลุ่มแบบคละความสามารถ มีการทำงานร่วมกันมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการช่วยเหลือพึ่งพากันและกัน มีความรับผิดชอบร่วมกันทั้งต่อตนเองและส่วนรวม ฝึกฝนทักษะการบริหารเป็นทั้งผู้นำและผู้ตามที่ดี เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด นอกจากนั้นยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนทุกขั้นตอน และสอดคล้องกับกรอบแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ที่กล่าวว่า การมีปฏิสัมพันธ์การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานอกจากเป็นการนำความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาเชื่อมโยงเพื่อแก้ไขปัญหาแล้วยังมีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ผู้เรียนจะได้สร้างชิ้นงานขึ้นมาซึ่งชิ้นงานดังกล่าวนี้เกิดการนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการออกแบบตามสถานการณ์ที่ถูกกำหนดขึ้น โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและจัดบรรยากาศให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรม สอดคล้องกับกรอบแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ที่กล่าวว่า เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกและทำตามความสนใจ

ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ อีกทั้งต้องจัดสภาพแวดล้อมที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างความรู้ซึ่งจะทำให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่เป็นมิตรทำให้ผู้เรียนรู้สึกเป็นกันเอง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษายังเป็นกิจกรรมที่ และสอดคล้องกับกรอบแนวคิดทฤษฎีการสอนของ Jerome S. Bruner ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive Stage) ที่กล่าวว่าผู้เรียนได้เรียนรู้จากการใช้ประสาทสัมผัส การลงมือทำจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษายังเป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเองอันจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง มีความสุขกับการเรียนเพราะได้เรียนรู้ร่วมกับเพื่อน ๆ ผ่านการสร้างผลงานด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้จากการปฏิบัติของ John Dewey ที่กล่าวว่า ผู้เรียนจะมีความสุขกับการเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนานโดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและสื่อที่เร้าใจ กิจกรรมกลุ่มจะช่วยส่งเสริมคุณลักษณะนิสัยที่พึงประสงค์ เช่น มีความรับผิดชอบ เสียสละ มีน้ำใจ รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ผู้เรียนจะเกิดกระบวนการคิดจากการร่วมทำกิจกรรม ในการทำกิจกรรมนั้นผู้เรียนจะได้คำนึงถึงความแตกต่างของผลงานตนเองกับผู้อื่น ผลที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันจะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข เกิดการพัฒนาและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา วงค์ชูศิริ (2527: 249) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้เสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531: 104) กล่าวว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางความคิด เป็นกระบวนการทางปัญญาฉะนั้นจึงเป็นกระบวนการใช้แก้ปัญหา

สุนีย์ คล้ายนิล (2537: 59) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนคิดรวบรวมข้อมูลได้ด้วยการสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การตีความหมายข้อมูลลงข้อสรุปและทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 3) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

สรุปทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการเลือกใช้พฤติกรรมต่าง ๆ ในการแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เพื่อจะได้นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ในวิชาอื่น ๆ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American association for the advancement of science: AAAS (1970: 30-176) ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะที่พัฒนาขึ้นตามหลักสูตร Science a process approach (SAPA) แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะเหมาะสำหรับระดับการศึกษาปฐมและระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะเหมาะสำหรับระดับการศึกษามัธยม

1. ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ เป็นทักษะเพื่อการแสวงหาความรู้ทั่วไป ประกอบด้วย

ทักษะที่ 1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสของร่างกายอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น กายสัมผัส เข้าสัมผัสกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อให้ทราบและรับรู้ข้อมูลรายละเอียดของสิ่งเหล่านั้น

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถแสดงหรือบรรยายคุณลักษณะของวัตถุได้ จากการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง สามารถบรรยายคุณสมบัติเชิงประมาณ และคุณภาพของวัตถุได้และสามารถบรรยายพฤติการณ์การเปลี่ยนแปลงของวัตถุได้

ทักษะที่ 2 การวัด (Measuring)หมายถึงการใช้เครื่องมือสำหรับการวัดข้อมูลในเชิงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นตัวเลขในหน่วยการวัดที่ถูกต้องแม่นยำได้

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถเลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัดได้สามารถบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ สามารถบอกวิธีการขั้นตอนและวิธีใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง และสามารถทำการวัดรวมถึงระบุหน่วยของตัวเลขได้อย่างถูกต้อง

ทักษะที่ 3 การคำนวณ (Using numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขที่ได้จากนับ และตัวเลขจากการวัดมาคำนวณด้วยสูตรคณิตศาสตร์

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถนับจำนวนของวัตถุได้ถูกต้องและสามารถบอกวิธีคำนวณ แสดงวิธีคำนวณ และคิดคำนวณได้ถูกต้อง

ทักษะที่ 4 การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การเรียงลำดับและการแบ่งกลุ่มวัตถุหรือรายละเอียดข้อมูลด้วยเกณฑ์ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ใด ๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถเรียงลำดับและแบ่งกลุ่มของวัตถุโดยใช้เกณฑ์ใดได้อย่างถูกต้องและสามารถอธิบายเกณฑ์ในเรียงลำดับหรือแบ่งกลุ่มได้

ทักษะที่ 5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวล (Usingspace/Time relationships) สเปสของวัตถุ หมายถึงที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งอาจมีรูปร่างเหมือนกันหรือแตกต่างกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบายลักษณะของวัตถุ 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ได้ สามารถวาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้ สามารถอธิบายรูปทรงทางเราขาคณิตของวัตถุได้ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 มิติ กับ 3 มิติได้ เช่น ตำแหน่งหรือทิศของวัตถุและตำแหน่งหรือทิศของวัตถุต่ออีกวัตถุ สามารถบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลาได้และสามารถบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขนาด ปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

ทักษะที่ 6 การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการวัดมาจัดกระทำให้มีความหมายโดยการหาความถี่ การเรียงลำดับ การจัดกลุ่มการคำนวณค่า เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น ผ่านการเสนอในรูปแบบของตารางแผนภูมิ วงจร เขียนหรือบรรยาย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถเลือกรูปแบบ และอธิบายการเลือกรูปแบบในการเสนอข้อมูลที่เหมาะสมได้ สามารถออกแบบและประยุกต์การเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจได้ง่าย สามารถเปลี่ยนแปลงปรับปรุงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายและสามารถบรรยายลักษณะของวัตถุด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัดและสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย

ทักษะที่ 7 การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นของตนต่อข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผลจากพื้นฐานความรู้หรือประสบการณ์ที่มีความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบายหรือสรุปจากประเด็นของการเพิ่มความคิดเห็นของตนต่อข้อมูลที่ได้มา

ทักษะที่ 8 การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การทำนายหรือการคาดคะเนคำตอบโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทำซ้ำผ่านกระบวนการแปรความหายของข้อมูลจากสัมพันธ์ภายใต้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากข้อมูลบนพื้นฐานหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ ทั้งภายในขอบเขตของข้อมูล และภายนอกขอบเขตของข้อมูลในเชิงปริมาณได้

2. ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ เป็นทักษะกระบวนการขั้นสูง ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อแสวงหาความรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นพื้นฐานในการพัฒนา ประกอบด้วย

ทักษะที่ 9 การตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง การตั้งคำถามหรือคิดคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองเพื่ออธิบายหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรโดยสมมติฐานสร้างขึ้นจะอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์ภายใต้หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่สามารถอธิบายคำตอบได้

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถตั้งคำถามหรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองได้และสามารถตั้งคำถามหรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ได้

ทักษะที่ 10 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง การกำหนด และอธิบายความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหรือการทดลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างบุคคล

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบายความหมาย และขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและการทดลองได้

ทักษะที่ 11 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การบ่งชี้ และกำหนดลักษณะตัวแปรใด ๆ ให้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลหรือสิ่งที่ต้องการทดลองเพื่อให้ทราบว่าเป็นสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นหรือไม่

ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถในการวิเคราะห์ และสรุปประเด็นสำคัญ รวมถึงการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูล และสามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ (The American association for the advancement of science: AAAS (1970: 30-176)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สมจิต สวธนไพบูลย์, 2535: 66-73) ได้กล่าวถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ ตา หู จมูกลิ้นและผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์

2. การวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอ

3. การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวก หรือการเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลาสเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือความกว้าง ความยาวและความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ

5. การคำนวณ หมายถึง การวัดจำนวนของวัตถุและการคำนวณตัวเลขที่นับได้มาคำนวณโดยการบวกลบคูณ หารหรือหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการวัด การทดลองและจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนี้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปตาราง แผนภูมิแผนภาพ ไดอะแกรมกราฟสมการ เขียนบรรยายเป็นต้น

7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการกฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป การพยากรณ์เกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟทำได้ 2 แบบ คือการพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่

9. การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้าหรือที่กล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะผิดหรือถูกก็ได้

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตหรือวัดได้

11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึงการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

11.1 ตัวแปรต้น คือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

11.2 ตัวแปรตาม คือสิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไปตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

11.3 ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิฉะนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะคือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. การทดลอง หมายถึง กระบวนการที่ปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือการทดลองจริงเพื่อกำหนด

12.1.1 วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

12.1.2 อุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลองหมายถึงการลงมือปฏิบัติการทดลอง

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกตการวัดและอื่น ๆ

13. การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุปการตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เช่น ทักษะการสังเกตทักษะการคำนวณเป็นต้นการลงข้อสรุป หมายถึงการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

จากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวสรุปได้ว่า ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งระดับของทักษะดังกล่าวได้ เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานซึ่งประกอบด้วย 8 ทักษะมีความเหมาะสำหรับผู้เรียนในระดับปฐมศึกษาได้แก่ 1. ทักษะการสังเกต (Observing) 2. ทักษะการวัด (Measuring) 3. ทักษะการคำนวณ (Using numbers) 4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) 5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Using space/ Time relationships) 6. ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล(Communication) 7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) 8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) และระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะเหมาะสำหรับระดับมัธยมศึกษา ได้แก่ 9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) 10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) 11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) 12. ทักษะการทดลอง(Experimenting) และ 13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล (Interpreting data and conclusion) สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American association for the advancement of science: AAAS (1970: 30-176)

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาจึงได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพบว่า สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American association for the advancement of science: AAAS (1970: 30-176) ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ และแบ่งเป็น 2 ระดับ คือระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะซึ่งเหมาะสำหรับระดับการศึกษาปฐมและระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะซึ่งเหมาะสำหรับระดับการศึกษาในชั้นมัธยมประกอบไปด้วย 5 ทักษะได้แก่ 1. การตั้งสมมติฐาน 2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 3. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 4. การทดลองและ 5. การตีความข้อมูล

และการลงข้อสรุป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกทักษะดังกล่าวข้างต้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีพื้นฐานที่ดีในการเรียนวิทยาศาสตร์และเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4.3 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544: 166-182, อ้างถึงใน จรรย์สมร เหลืองสมานกุล, 2557: 69) กล่าวถึง การประเมินทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 2 รูปแบบ คือ การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper and pencil tests) และการประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment)

1. การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper and pencil tests) คือ การประเมินที่ใช้แบบทดสอบโดยมีการพัฒนาแบบทดสอบในระหว่างปี ค.ศ. 1960-1970 ใช้วัดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบทดสอบถูกพัฒนาขึ้นตามจำนวนทักษะที่ผู้ประเมินต้องการทดสอบ ในระยะแรกแบบทดสอบนี้พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้กับหลักสูตรวิทยาศาสตร์แผนใหม่แต่ต่อมาได้นำไปใช้พัฒนาเป็นแบบทดสอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและขั้นผสม

2. การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment) คือ การประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนซึ่งมีการพัฒนาวิธีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (The University of California) และจากสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย (The California Institute of Technology) ประเทศสหรัฐอเมริกา มี 4 วิธี คือ 1) สังเกตพฤติกรรมขณะนักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม 2) ประเมินจากสมุดจดบันทึกที่นักเรียนใช้บันทึกวิธีการทดลอง 3) ใช้ไอคอน (Icon) จากสถานการณ์จำลองในเครื่องคอมพิวเตอร์ และ 4) การตอบคำถามสั้น ๆ เกี่ยวกับการทดลอง

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2557) ได้กล่าวถึงแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญที่แสดงถึงผลลัพธ์ (Outcome) ของการเรียน ช่วยพัฒนาความเข้าใจและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ ซึ่งมีแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1) การใช้ทักษะกระบวนการสังเกต (Observation) ใช้สังเกตพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นในระหว่างที่ผู้เรียนทำการทดลองหรือทำกิจกรรมการเรียน โดยมีเครื่องมือหลายแบบเช่น การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal observation) การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structured observation) และการสังเกตแบบการเล่าเรื่อง (Narratives)

2) การใช้คำถาม (Question) โดยการใช้รูปแบบของการการสัมภาษณ์ (Interview) แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment questionnaire) การทดสอบ (Testing) เป็นต้น

3) การประเมินจากผลงานของนักเรียน (Looking at students' work) เป็นการประเมินโดยพิจารณาจากใบงาน (Worksheet) การเขียนอนุทิน (Journal) ผลงาน โครงงาน ชิ้นงาน และการสาธิต (Project, product and demonstration) และแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ลงลึกถึงรายบุคคลและมีประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดการชั้นเรียนแต่ครูผู้สอนต้องใช้เวลาในการตรวจและประเมินค่อนข้างมากหากมีผู้เรียนหลายคนจะเป็นการเพิ่มภาระให้กับครูยิ่งขึ้น

จากการศึกษาการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจของผู้เรียน จากการศึกษาแนวทางการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นนี้พบว่า การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment) มีความสอดคล้องกับแนวทางการประเมินโดยใช้ทักษะกระบวนการสังเกต (Observation) และการประเมินจากผลงานของนักเรียน (Looking at students' work) ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการประเมินจากการสังเกตผู้เรียนในขณะทำงานและประเมินผลงานนักเรียนจากร่องรอยการทำใบงาน

5. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

ผลงานสร้างสรรค์เป็นผลสืบเนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดจากจินตนาการประสบการณ์ความรู้ที่ได้รับจนนำมาสร้างเป็นผลงาน การคิดสร้างสรรค์นั้นจะไม่หยุดเฉยแต่จะพยายามทำให้เกิดเป็นผลงานที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ได้ (อารี รังสินันท์, 2532) ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาดังนี้

5.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

ศศิเกษม ทองยงค์ (2521: 2) ได้กล่าวถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานว่ามนุษย์รู้จักสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่โบราณ มนุษย์ยุคแรกจำเป็นต้องสร้างอาวุธเครื่องมือบางอย่างเพื่อช่วยในการดำรงชีวิตอยู่ได้ ของใช้ที่มีใช้กันอยู่ทุกวันล้วนถูกค้นพบหรือถูกสร้างขึ้นมาก่อนทั้งนั้น

โกศล เพ็ชรสุวรรณ (2528: 20-29, อ้างถึงใน จรรย์สมร เหลืองสมานกุล, 2557: 70) กล่าวถึงความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ว่า เป็นการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่โดยเกิดจากการที่เรามีการเรียนรู้และเลียนแบบเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่แล้วจนเรามีประสบการณ์ ความรู้และเกิดความมั่นใจจนกระทั่งเกิดเป็นองค์ความรู้ของตนเองโดยมีการพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้น ตลอดจนสามารถดึงประสบการณ์เดิมที่สั่งสมมาผสานกับความรู้ใหม่จนเกิดเป็นการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ขึ้น

เย็นใจ เลาหวนิช (2529: 11) ได้กล่าวว่า การประดิษฐ์เป็นการสร้างสรรค์ที่มีการเชื่อมโยงกับเทคโนโลยี ซึ่งเป็นเรื่องทียาก เนื่องจากการสร้างสรรค์ต้องอาศัยวงจรการพัฒนามาใช้ เช่น ในการสร้าง จะต้องเริ่มออกแบบ ทดลอง จนกระทั่งปรับปรุงและสุดท้ายจึงจะได้ของที่ดี ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้อยู่ในขั้นการสร้างชิ้นงานทางวิทยาศาสตร์

ไพบูลย์ เจริญกรุง (2532: 713, อ้างถึงใน จรรย์สมร เหลืองสมานกุล, 2557: 70) กล่าวว่า การพัฒนาผลงานสร้างสรรค์เป็นการคิดสร้างสรรค์หรือการจัดทำสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการหรือเป็นกิจกรรมที่ให้ความเพลิดเพลินในยามว่าง โดยการนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุในท้องถิ่นมาสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ผลงานตามที่ตนเองต้องการ

กรมวิชาการ (2535) กล่าวว่า ผลงานสร้างสรรค์ คือการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำรูปแบบเดิมที่มีอยู่โดยการผสมผสานความรู้และความคิดอย่างกลมกลืน อาจเกิดจากการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นโดยการนำรูปแบบนั้นมาใช้ หรือมีการดัดแปลงปรับเปลี่ยนรวมทั้งการใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์ผลงาน มีเป้าหมายและเชื่อมั่นในผลงานของตนเองแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มของผู้ปฏิบัติ

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ และคณะ (2553) ได้ให้ความหมายของ นวัตกรรม หมายถึง สิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นจากการใช้ความรู้ ทักษะประสบการณ์ และความคิดสร้างสรรค์ ในการพัฒนาขึ้น ซึ่งอาจจะมีลักกษณะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ บริการใหม่หรือกระบวนการใหม่ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจและสังคม

งานสร้างสรรค์ หมายถึง ผลงานศิลปะและสิ่งประดิษฐ์ทางศิลปะประเภทต่าง ๆ ที่มีความเป็นนวัตกรรม โดยมีการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบที่เหมาะสมตามประเภทของงานศิลปะ ซึ่งมีแนวทางการทดลองหรือการพัฒนาจากแนวคิดสร้างสรรค์เดิมเพื่อเป็นต้นแบบหรือความสามารถในการบุกเบิกศาสตร์อันก่อให้เกิดคุณค่าทางสุนทรียภาพและคุณประโยชน์ที่เป็นที่ยอมรับในวงวิชาชีพตามการจัดกลุ่มศิลปะของอาเซียน (ที่มา: คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2557)

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560) หมายถึง การสร้างสิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าโดยสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นอาจมีการอ้างถึงบุคคลผู้สร้างสรรค์ หรือสังคม,ขอบเขตภายในที่ได้สร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่ขึ้นมา ซึ่งการวัดคุณค่าดังกล่าวอาจใช้ได้หลายวิธีสำหรับด้านวิชาการนั้น ต่างให้ความสนใจเกี่ยวกับการสร้างสรรค์กันอย่างแพร่หลายทั้งทางจิตและกระบวนการทางระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสร้างสรรค์, ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางบุคลิกภาพและความสามารถในการสร้างสรรค์, ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์และสติปัญญา, การเรียนรู้และสุขภาพจิต ตลอดจนวิธีการเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ผ่านการฝึกอบรมและเทคโนโลยีเข้าช่วยความคิดสร้างสรรค์และการกระทำเชิงสร้างสรรค์จึงมีการศึกษาในหลายสาขาการเรียนรู้ ทั้งทางด้านจิตวิทยา, วิทยาการการรู้, การศึกษา, ปรัชญา

จากข้อมูลข้างต้นนี้ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความสามารถในผลงานสร้างสรรค์ หมายถึง การสร้างสรรค์งานสิ่งใหม่ พัฒนาผลงานใหม่ ๆ เป็นความสามารถด้านสมองที่สามารถคิดเชื่อมโยงอย่างมีความสัมพันธ์กันและมีความแปลกใหม่ โดยเกิดจากการเรียนรู้และเลียนแบบตาม เทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่แล้ว และใช้ประสบการณ์เดิมบวกความรู้ใหม่จนกระทั่งเกิดเป็นองค์ความรู้ของตนเอง เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับความต้องการและทำให้เกิดความเพลิดเพลินโดยการนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุในท้องถิ่นมาสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ผลงานตามที่ตนเองต้องการ และมีการนำเสนอผลงานสร้างสรรค์ของตนเองเพื่อนำไปสู่การแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับผู้อื่น จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ความหมายของความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 5 การสังเคราะห์ความหมายของความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

ศศิเกษม ทองยงค์ (2521)	โกศล เพ็ชรสุวรรณ (2528)	เย็นใจ เลาหวนิช (2529)	ไพบูลย์ เจริญกรุง (2532)	กรมวิชาการ (2535)	สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ และคณะ (2553)	คู่มือการประกันคุณภาพฯ (2557)	วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560)	ผลการสังเคราะห์
มนุษย์รู้จักสร้างสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาใช้เพื่อช่วยในการดำรงชีวิตนับตั้งแต่ยุคแรกจนถึงปัจจุบันของใช้ที่มีอยู่ล้วนถูกสร้างขึ้นมาและพัฒนาจนถึงปัจจุบัน	เป็นการพัฒนาผลงานใหม่ ๆ โดยเกิดจากการเรียนรู้และเลียนแบบเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วจนมีประสบการณ์เกิดเป็นองค์ความรู้ของตนเองและมีการพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นสามารถดึงประสบการณ์เดิมที่สั่งสมมาผนวกกับความรู้ใหม่จนเกิดเป็นผลงานขึ้น	เป็นการสร้างสรรค์โดยการเชื่อมโยงกับเทคโนโลยี ต้องอาศัยวงจรการพัฒนามาใช้ การสร้างผลงานจะต้องเริ่มออกแบบทดลอง จนกระทั่งปรับปรุงและจะได้ของที่ดี	เป็นการคิดสร้างสรรค์หรือการจัดทำเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการเป็นกิจกรรมที่ให้ความเพลิดเพลินในยามว่าง โดยการนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุในท้องถิ่นมาสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ผลงานตามที่ตนเองต้องการ	การสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำรูปแบบเดิมที่มีอยู่มีการผสมผสานความรู้และความคิดเกิดจากการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นโดยนำรูปแบบนั้นมาใช้หรือดัดแปลงปรับเปลี่ยนใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์ผลงาน	สิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นจากการใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาขึ้นจนมีลักษณะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือกระบวนการใหม่ ที่เกิดประโยชน์ ในเชิงเศรษฐกิจและสังคม	ผลงานศิลปะและสิ่งประดิษฐ์ทางศิลปะ ที่มีความเป็นนวัตกรรม มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลให้เหมาะสมกับงาน มีแนวทางการทดลองหรือการพัฒนาจากแนวคิดสร้างสรรค์เดิมเพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างสรรค์ผลงาน	การสร้างสิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า การสร้างสิ่งใหม่อาจมีการกล่าวอ้างถึงบุคคลหรือขอบเขตของสิ่งนั้น ๆ การสร้างสรรค์นั้นจะต้องใช้ความรู้ในหลาย ๆ สาขาประกอบกันจึงจะทำให้สำเร็จผล	ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน คือ การสร้างสรรค์พัฒนาผลงาน ที่มีการศึกษาค้นคว้าจนนำมาเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับความรู้ที่ได้รับโดยมีการวางแผนและทำงานอย่างเป็นขั้นตอน

จากตารางที่ 6 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานจากแนวคิด ศศิเกษม ทองยงค์ (2521), โกศล เพ็ชรสุวรรณ (2528), เย็นใจ เลาหวนิช (2529), ไพบูลย์ เจริญกรุง (2532), กรมวิชาการ (2535), สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์ และคณะ (2553), คู่มือการประกันคุณภาพฯ (2557) และ วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560) สามารถสรุปได้ดังนี้ ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน คือ การสร้างสรรค์พัฒนาผลงาน ที่มีการศึกษาค้นคว้าจนนำมาเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับความรู้ที่ได้รับโดยมีการวางแผนและทำงานอย่างเป็นขั้นตอน

5.2 ลักษณะผลงานสร้างสรรค์

ลักษณะของผลงานสร้างสรรค์นั้นเป็นการสร้างผลงานหรือการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ (productive) เป็นการเชื่อมโยงความคิดสร้างสรรค์ไปสู่การออกแบบ สร้างชิ้นงาน หรือประดิษฐ์ผลงานออกมาสอดคล้องกับ Schoell and Guiltinan (1988) ที่กล่าวถึงลักษณะผลงานสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นการผลิตผลงานหรือการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ เป็นการถ่ายโอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไปสู่การออกแบบ การสร้างสรรค์หรือการประดิษฐ์ผลงาน สามารถแบ่งผลงานหรือผลิตภัณฑ์ได้ 3 ลักษณะ คือ 1) ผลงานนวัตกรรม (innovation product) คือ เป็นผลงานใหม่เกิดจากการสร้างสรรค์ขึ้นมาเป็นครั้งแรก เป็นผลงานใหม่ที่แท้จริง 2) ผลงานดัดแปล (modification product) เป็นผลงานที่เกิดจากการปรับปรุงขึ้นใหม่ หรือมีการพัฒนาจากผลงานเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้วโดยมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจนเกิดเป็นผลงานชิ้นใหม่ 3) ผลงานเลียนแบบ (imitation product) เป็นผลงานที่เกิดจากการสร้างเลียนแบบผลงานที่มีอยู่แล้วหรือเรียกอีกแบบ ว่าผลงานทดแทน นอกจากนั้น Good and Brophy (1980) ได้กล่าวถึงลักษณะของผลงานสร้างสรรค์ไว้ว่า จะต้องมีลักษณะที่แปลกใหม่ มีคุณค่า เป็นที่ยอมรับว่าสามารถใช้งานได้ มีความสวยงามหรือมีสุนทรียภาพ สอดคล้องกับ ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์ (2546) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานเป็นผลสืบเนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการกระทำที่ทำให้เกิดขึ้นมีทั้งกระบวนการ วิธีการและลักษณะของชิ้นงานเป็นการดัดแปลงหรือประยุกต์หลักการหรือวิธีการ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างให้เกิดเป็นผลผลิต เป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพ สามารถพิจารณาคุณภาพของงานโดยอาจแบ่งตามระดับของการสร้างสรรค์ได้ 4 ลักษณะดังนี้ 1) การค้นพบสิ่งใหม่ (discovery) เป็นผลงานใหม่ที่ไม่เคยมีใครค้นพบมาก่อน 2) การริเริ่มใหม่ (innovation) เป็นผลงานที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลหลักการต่าง ๆ มาสร้างให้ได้สิ่งใหม่ที่สามารถแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์ความต้องการของมนุษย์ได้ การสร้างผลงานประเภทนี้ผู้สร้างต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ได้เป็นอย่างดี 3) การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นผลงานที่เกิดจากการรวบรวมผลงานหลาย ๆ ผลงานที่มีอยู่เดิมมาสังเคราะห์และสร้างเป็นชิ้นงานใหม่ ผลงานประเภทนี้จะเห็นอยู่เป็นจำนวนมาก และ4) การดัดแปลง (mutation) เป็นผลงานที่พบเห็นได้ทั่วไป เกิดจาการเห็นจุดบกพร่องของชิ้นงานและเกิดเป็นการพัฒนาดัดแปลงในรูปแบบ ขนาด หรือคุณสมบัติบางอย่างจนกระทั้งมีความแตกต่างไปจากเดิมที่เป็นอยู่ ตลอดจนมีความน่าสนใจมากขึ้นกว่าเดิม

จากลักษณะผลงานสร้างสรรค์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้อาจกล่าวได้ว่า ผลงานสร้างสรรค์เป็นผลงานที่สืบเนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ผลงานที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเป็นประโยชน์ มีความสวยงาม เป็นผลงานที่มีความแปลกใหม่หรือมีการพัฒนาจากของเดิมที่มีอยู่ให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น การสร้างสรรค์ผลงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมานั้น ชิ้นงานจะอยู่ในระดับใดก็ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถที่ผู้เรียนจะถ่ายทอดออกมา ซึ่งความสามารถที่แตกต่างกันนั้นและทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความแตกต่างกันด้วย ผลงานสร้างสรรค์ที่ผลิตออกมาจะให้คุณค่าทั้งด้านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จของตนเอง ดังนี้แล้วการพิจารณาผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนจึงควรมีลักษณะที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่และเพื่อให้สามารถพัฒนาผลงานสร้างสรรค์ให้มีคุณค่าและเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น

5.3 เกณฑ์ในการพิจารณาและประเมินผลงานสร้างสรรค์

ในการประเมินผลงานสร้างสรรค์จากที่ Schoell and Guiltinan (1988) กล่าวถึงลักษณะผลงานสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นการผลิตผลงานหรือการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ที่เป็นการถ่ายโอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไปสู่การออกแบบหรือการสร้างสรรค์ประดิษฐ์ผลงาน จึงกล่าวได้ว่าการประเมินผลงานนั้นเป็นผลผลิตมาจากความคิดสร้างสรรค์ จึงจำเป็นต้องมีเกณฑ์เพื่อใช้ในการประเมินทั้งในส่วนของความใหม่ (newness) และการใช้ประโยชน์ (uesful) Yong (1970: 77-78) ได้เสนอเกณฑ์ในการประเมินผลงานโดยแยกว่าจะต้องมีลักษณะแปลกใหม่ (newness) และมีคุณค่า (value Serve) โดยแยกเป็นลักษณะย่อยดังนี้ 1) ผลงานใหม่จากกลุ่มอ้างอิง (New as Statistically in Frequency) 2) ผลงานใหม่ที่แตกต่างจากแนวทั่วไป (New as a change from the Regular Way) 3) ผลงานที่สร้างขึ้นมาใหม่ (New as Renovated) และการประเมินคุณค่า 2 ลักษณะ คือ 1) คุณค่าต่อผู้สร้าง (Value to The Creator) และ 2) คุณค่าต่อผู้อื่น (Value to Others) ต่อมาในปี ค.ศ. 1981 Besemer and Traffinger (1981: 158-178) ได้เสนอทฤษฎีการวัดความคิดสร้างสรรค์โดยการประเมินผลงานขึ้น ในรูปแบบเมตริกการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์จากผลงาน (The Creative Product Analysis Matrix or CPAM) โดยสรุปรวบรวมมาจากทฤษฎี บทความและงานวิจัยที่กล่าวถึงเกณฑ์ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานมากกว่า 90 ชิ้น ซึ่งมีเกณฑ์ในการประเมินถึง 125 เกณฑ์ นำมาสังเคราะห์เป็นเกณฑ์ที่จะใช้ประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผลงาน ซึ่งประกอบด้วย 3 มิติ (Dimensions) แยกเป็น 14 ประเภท (categories) ได้ดังตาราง ที่ 6 และต่อมา Besemer and Quin (1986, อ้างถึงในสมาน ถาวรรัตนวณิช, 2541) ได้พัฒนาเกณฑ์การประเมิน CPSS (The Creative Product Analysis Matrix) จากทฤษฎีเมตริกการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์จากผลงาน มีเกณฑ์การประเมินผลงานดังตารางที่ 6 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 6 เกณฑ์ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Beseme และ Traffinger

1. นวภาพ (novelty)	**2. การแก้ปัญหา (resolution)**	**3. การต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis)**
โดยพิจารณาจากกระบวนการใหม่ (new process) วิธีการใหม่ (newtechniques) มโนทัศน์ใหม่ (new concepts) การมีอิทธิพลต่อการสร้างผลงานในอนาคต โดยมีลักษณะคือ การเพาะความคิด (germinal) ผลงานที่มีอิทธิพลต่อการสร้างงานในอนาคตความคิดริเริ่ม (original) ผลงานไม่เหมือนและไม่ซ้ำกับความคิดของคนอื่นที่มีการเรียนรู้ การฝึกหรือมีประสบการณ์ใกล้เคียงกันการเปลี่ยนรู้(transformational) ผลงานที่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ของผู้ใช้ ผู้ฟัง และผู้พบเห็น	โดยพิจารณาจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของผลงานอย่างเหมาะสมความเพียงพอ (adequate) ผลงานสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ ความเหมาะสม (appropriate) ผลงานสามารถแก้ปัญหาตรงตามความต้องการความสมเหตุสมผล (logical) ผลงานมีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้อง สมเหตุสมผลตามวิธีการการใช้ประโยชน์(useful) สามารถนำผลงานนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ คุณค่า (valuable) ผลงานนั้นมีคุณค่าต่อสังคม เช่น ด้านกายภาพ	โดยพิจารณาจากความสมบูรณ์ (organic) ความซับซ้อน (complex) ความประณีต (elegant) สื่อความหมาย (expressive) น่าสนใจ (attractive) การแสดงฝีมือและความชำนาญ (well-crafted)

ที่มา: Beseme and Traffinger (1981, ตามการถอดความของพัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์, 2532, อ้างถึงใน ศิรินันท์ สุรสันติวรการ, 2554)

ตารางที่ 7 เกณฑ์ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานตามทฤษฎีของ Besemer และ Quin

มิติ / มโนทัศน์	ความหมาย
ด้านที่ 1	
นวภาพ (novelty)	พิจารณาจากกระบวนการใหม่ วิธีการ วัสดุใหม่ อิทธิพลต่อการสร้างผลงานในอนาคต
ความคิดริเริ่ม (original)	เป็นผลงานที่ไม่เหมือนใคร ไม่ซ้ำกับผลงานของคนอื่นที่มีระดับประสบการณ์เดียวกัน
ความประหลาดใจ (surprising)	เป็นผลงานที่ทำให้ผู้พบเห็นเกิดความประหลาดใจ
การเพาะความคิด (germinal)	ผลงานที่มีอิทธิพลต่อการสร้างงานในอนาคต
ด้านที่ 2	
การแก้ปัญหา (resolution)	พิจารณาจากความสามารถในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
คุณค่า (valuable)	ผลงานนั้นมีคุณค่าต่อสังคมหรือผู้พบเห็น
ความสมเหตุสมผล (logical)	ผลงานสร้างด้วยวิธีการที่สมเหตุสมผลและมีความเหมาะสม
การใช้ประโยชน์ (useful)	ผลงานนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
ด้านที่ 3	
การต่อเติมและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis)	โดยพิจารณาจากความสมบูรณ์ ความสวยงาม ประณีตของผลงาน
การจัดส่วนประกอบ (organic)	เป็นผลงานที่มีการจัดองค์ประกอบ รูปร่างสมบูรณ์และมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน
ความประณีตสวยงาม (elegant)	ผลงานมีความดึงดูดผู้พบเห็นมีความกลมกลืนกัน
ความซับซ้อน (complex)	ผลงานมีหลายองค์ประกอบ มีความน่าสนใจ
การแสดงฝีมือและความชำนาญ (well-crafted)	ผลงานสร้างขึ้นมาด้วยความตั้งใจทำ
ความเข้าใจ (understanding)	เป็นผลงานที่ผู้ใช้หรือผู้พบเห็นเข้าใจง่ายมีความชัดเจน

ที่มา: Besemer and Quin (1986, อ้างถึงใน สมาน ถาวรรัตนวิณิช, 2541) และ ศิรินันท์ สุรสันติวรการ (2554)

เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการวัดและประเมินดังกล่าวพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบการประเมินดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อให้มีความสอดคล้องกับการวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษาโดยวัดผลด้านความสามารถ ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง ซึ่งลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถคือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงานและผลสำเร็จของงาน เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2526) เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score มีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน จำนวน 1 ข้อ 2) ด้านการแก้ปัญหา จำนวน 2 ข้อ 3) ด้านการใช้ประโยชน์ จำนวน 2 ข้อ และ 4) ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ จำนวน 2 ข้อ และจำแนกระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้และปรับปรุง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2526)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (rubrics scoring) เนื่องจากปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้อย่างมาก ทั้งนี้การวัดและการประเมินผลในปัจจุบันเน้นการประเมินตามสภาพจริงและการประเมินอิงการปฏิบัติ ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบรูบริกส์ (rubrics scoring) สามารถวิเคราะห์ผลงานได้อย่างละเอียดและสามารถจำแนกคุณภาพของงานได้อย่างถูกต้อง โดยเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ที่นิยมใช้กัน มี 2 ประเภท (ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม, 2557) คือ 1) เกณฑ์การให้คะแนนในภาพรวม (holistic) เป็นเกณฑ์การประเมินในภาพรวม เป็นการให้คะแนนผลงานโดยพิจารณาจากภาพรวมของชิ้นงานว่ามีคุณภาพอย่างไร และมีคำอธิบายลักษณะของงานไว้อย่างชัดเจน 2) เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (analytic) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ เป็นการให้คะแนนผลงานที่มีความชัดเจนมากขึ้น โดยแยกองค์ประกอบในการพิจารณา แล้วนำแต่ละส่วนมารวมกันเป็นคะแนนรวม โดยผู้วิจัยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (analytic) เพื่อพัฒนาแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอน ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นผสมผสานเฉลี่ยร้อยละ 83.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สาลิกา สำเภาทอง (2553: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมพัฒนาผู้เรียน โดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า 1)ผลการศึกษาการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนควรใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมโดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงและใช้ความรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานความเป็นไทย 2) แผนการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.59 /80.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 3) ผลการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 4)ผลการประเมินและปรับปรุงกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ในภาพรวม แผนที่ 8 ปัจฉิมนิเทศ มีคะแนนสูงสุด ระดับคุณภาพดี นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนโดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

จรรยา เจริญรัตน์ (2555: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบโครงงานเรื่องระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพ 83.59/80.21 2) ผลการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบโครงงานสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 3) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน อยู่ในระดับดี 4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน อยู่ในระดับดี 5) นักเรียนที่แบ่งกลุ่มตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแบ่งกลุ่มตามความสนใจมีความสามารถในการทำโครงงานไม่แตกต่างกัน 6) ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบโครงงานมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด

จรรย์สมร เหลืองสมานกุล (2557: บทคัดย่อ) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยมีดังนี้ 1. กิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์มาตรฐาน 81.86 / 83.00 สูงกว่า 80/80 2. ผลการเรียนรู้หลังจากทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ. 05 3. ทักษะทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก 4. ความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์หลังจากทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับสูง 5. ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับเห็นด้วยสูง

นภาภรณ์ เพียงดวงใจ (2558: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้โครงงานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า 1. รู ปแบบ “SCIENCE Model”มี 5 องค์ประกอบได้แก่หลักการวัตถุประสงค์กระบวนการจัดการเรียนรู้ (1. กระตุ้นผู้เรียน 2. พิจารณาสาเหตุ 3. สืบเสาะแสวงหา 4. สำรวจและตรวจสอบ 5. บันทึกและอภิปราย 6. สรุปและขยายความรู้) การวัดและประเมินผลและเงื่อนไขสำคัญในการนำรูปแบบไปใช้ให้ประสบผลสำเร็จรูปแบบนี้มี ประสิทธิภาพ 80.00/80.21 2. ประสิทธิผลของรูปแบบพบว่านักเรียนมี 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 2) ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมระดับสูง 3) จิตวิทยาศาสตร์ ระดับมากที่สุดและ4) ความคิดเห็นต่อการใช้รูปแบบมีความรู้ร่วมกับพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์และสื่อใช้ ได้ทุกที่ทุก

พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม และ ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ ดังนั้นควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ใน การจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาต่อไป

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกันการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐานในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.93/44.55 และ 98.14/80.00 ตามลำดับ ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้

โครงงานเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานมีพัฒนาการที่ ดีขึ้นตามลำดับ นักเรียนมีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดย ใช้โครงงานเป็นฐานในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 อยู่ในระดับมากและวงรอบปฏิบัติการที่ 2 อยู่ในระดับมากที่สุด

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2559: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการคิดเชิงระบบผลการวิจัย พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ณัฐพล รำไพ และ มหาชาติ อินทโชติ (2559: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ U-Learning โดยใช้แนวทางการเรียนรู้ตามโครงงานเพื่อเสริมสร้างทักษะการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ U-Learning โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อเพิ่มทักษะในการสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียน นอกจากนี้แบบจำลองนี้จะใช้เป็นกรอบในการพัฒนาและประเมินผลระบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในระดับอุดมศึกษาในประเทศไทยการออกแบบ แบบจำลองนี้ได้มาจากการวิเคราะห์งานวิจัยและวรรณกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยตัวเอง แบบจำลองจะแสดงให้เห็นถึงสี่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง งานวิจัยนี้เน้นถึงการมีส่วนร่วมของปัจจัยเหล่านี้ในกระบวนการของการเรียนรู้ตามโครงการ สุดท้ายแบบจำลองจะกล่าวถึงสี่ทักษะการสร้างนวัตกรรมสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

กรัณย์พล วิวรรธมงคล (2560: บทคัดย่อ) รูปแบบการพัฒนาครูโดยใช้กระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพเพื่อส่งเสริมความสามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ผลการพัฒนารูปแบบการพัฒนาครูโดยใช้กระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพเพื่อส่งเสริมความสามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน รูปแบบมีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์โดยได้ดำเนินนำสังเคราะห์และนำไปผ่านผู้ทรงคุณวุฒิ ทดลองใช้จริงและนำไปตรวจสอบกับผู้ทรงคุณวุฒิอีกครั้งยืนยันประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ของรูปแบบฯ ที่พัฒนาขึ้นและผลการใช้รูปแบบการพัฒนาครูโดยใช้กระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพเพื่อส่งเสริมความสามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ครูมีความรู้ ความเข้าใจหลังการพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนา มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ความสามารถการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครูอยู่ในระดับดี ความคิดเห็นของครูต่อการใช้กระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพเพื่อส่งเสริมความสามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับมาก

6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Hami dah (1983: 19-22) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของมาเลเซียที่มีความสามารถสูงพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพียงเล็กน้อย

Corbett et al. (2013) ได้นำเสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สะเต็มศึกษา (STEM Explore, Dicover, Apply) ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสำหรับนักเรียนที่เรียน STEM ใน Middle School โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยคือนักเรียนในระดับชั้น ป.6 ม.1 และ ม.2 ใช้เวลาในการเรียนแต่ละเรื่อง ซึ่งผลจากการวิจัยการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยใช้สะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

Miletic (2013) ได้ศึกษางานสร้างสรรค์ของเด็กแนวทางเปรียบเทียบการสอนศิลปะภาพและดนตรีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการนำเสนอวิธีการใหม่ ๆ และความเป็นไปได้ในการเตรียมและสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในกระบวนการสร้างสรรค์งานด้านภาพและดนตรี ภายในงานสร้างสรรค์ดนตรีและภาพเด็ก ๆ ความคิดสร้างสรรค์ด้านการแสดงออกจะได้รับการพัฒนาขึ้นโดยการแสดงออกที่ไม่จำกัดและเป็นธรรมชาติผ่านทางภาพทัศนศิลป์และดนตรีซึ่งผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการประเมินตามความสวยงามแต่ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ทางการศึกษาและการใช้งานที่ได้รับการประเมินในหลักสูตร ของกระบวนการสร้าง วิธีการเปรียบเทียบการสอนดนตรีและทัศนศิลป์หมายถึงการใช้ผลงานทางดนตรีเป็นแรงจูงใจที่นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ทางทัศนศิลป์และการใช้ภาพงานศิลปะเป็นแรงจูงใจในการสร้างสรรค์งานของเด็ก

WahChu (2017) ได้ศึกษาประสิทธิผลของวิกิพีเดียสำหรับการเรียนรู้ ตามโครงงานในสาขาวิชาที่แตกต่างกันในระดับอุดมศึกษา เป็นการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการใช้วิกิพีเดียสำหรับการเรียนรู้ในโครงงานในระดับอุดมศึกษา การศึกษาครั้งนี้เปรียบเทียบความรู้สึกและการกระทำของนักเรียนในหลักสูตรปริญญาตรีสามสาขาวิชาได้แก่ สาขาวิชาภาษาอังกฤษ สาขาการจัดการข้อมูลและสาขาวิศวกรรมเครื่องกลที่ใช้วิกิพีเดียในการจัดหลักสูตร จากการศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ มีทัศนคติที่ดีต่อการใช้ วิกิพีเดียในการเรียนรู้ตามโครงงาน อย่างไรก็ตามความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใน 5 ด้านเช่น “แรงจูงใจ”และ“การจัดการความรู้” ในแบบสอบถามของผู้เข้าร่วมทั้งหมด นอกจากนี้ระดับการมีส่วนร่วมและการดำเนินการหลัก ๆ ของวิกิพีเดียแตกต่างกันไปในหมู่นักเรียนของสามสาขาวิชา ผลการวิจัยเหล่านี้สามารถอธิบายได้จากรูปแบบของประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผ่านมาของผู้เข้าร่วมการศึกษาประวัติความเป็นมาทางเทคนิคและความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้กับการเรียนร่วมกัน ชุดข้อมูลเชิงลึกมีให้ในบริบทของการใช้วิกิพีเดียในการเรียนรู้ตามโครงการในระดับอุดมศึกษา

จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการพัฒนาผลงานสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการสอนรูปแบบหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาผสานกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเริ่มจาก รวบรวมปัญหาและระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาลงมือปฏิบัติทดสอบประเมินผล ปรับปรุงแก้ไข ลงข้อสรุป นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและประเมินผล โดยมีครูเป็นผู้แนะนำให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนเพื่อให้การเรียนรู้ของผู้เรียนประสบความสำเร็จ

สรุป

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนฝึกคิดแก้ปัญหา สามารถย่อมรับความคิดเห็นและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีน้ำใจและยังรู้จักการแสดงความชื่นชมเมื่อผู้อื่นประสบความสำเร็จ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐาน 5 ทักษะในระดับมัธยมศึกษา โดยการใช้กลวิธีให้ผู้เรียนได้ทดลองและเรียนรู้ด้วยตนเองจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ครูกำหนดขึ้น ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยผลงานนั้นจะเกิดขึ้นหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้านเนื้อหาและผ่านการทำกิจกรรมทดลองมาแล้ว ผู้เรียนจะนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้นั้นมาสร้างสรรค์เป็นชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขและข้อกำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนรู้จักการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีข้อบังคับ ทำให้ผู้เรียนเกิดความท้าท้าย กล้าแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่มได้ สามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับความรู้ประสบการณ์จากการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น ฝึกการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีการวางแผนการทำงานและรู้จักนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในด้านสื่อและอุปกรณ์แก่ผู้เรียน มีการดำเนินการตามขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร ตำรา วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือ ขั้นตอนที่ 2 ทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนที่ 3 รายงานผลการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นงานวิจัยลักษณะเชิงทดลอง แบบแผนการวิจัยแบบการทดลองขั้นพื้นฐาน(pre experimental design) แบบ one-group pre-test post-test design และแบบ One – Shot Case Study ใช้การวิจัยศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้ง (Time – Series design) โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

วิธีและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมโครงการวิจัย โดยการศึกษาจากเอกสาร ตำรา วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ 3) แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน และปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเสนอขอความเห็นชอบโครงการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินตามโครงการวิจัยเป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทดลองใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในตอนที่ 1 นำไปทดลองใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบความถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการวิจัย เป็นขั้นตอนการเสนอผลต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องจัดพิมพ์รายงานฉบับร่าง เพื่อเสนออนุมัติโครงการวิจัย ปรับปรุงแก้ไข ตามที่คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เสนอแนะและส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ต่อบัณฑิตวิทยาลัย

วิธีการและขั้นตอนการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนขยายโอกาสสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม จำนวน 545 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม จำนวน 22 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ปีการศึกษา 2562 ด้วยวิธีการสุ่มแบบอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากได้โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยแบบทดลองขั้นพื้นฐาน(pre-experimental design) แบบ one-group pre-test post-test design และ แบบ One – Shot Case Study (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558: 144) และแบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้ง Time – Series design (Campbell & Stanley, 1963: 7) ดังนี้

T_1	X	T_2

T_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน

X หมายถึง การทดลองการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

T_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

ภาพที่ 2 แบบแผนการวิจัยแบบ one-group pre-test post-test design และ แบบ One – Shot Case Study

X	O_1	O_2	O_3	O_4

X หมายถึง การทดลองใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

$O_1, O_2, O_3, \ldots$ หมายถึง การประเมินระหว่างการทดลองใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 3 แบบแผนการวิจัย แบบศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้ง Time – Series design

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ความร้อน จำนวน 4 แผน ใช้เวลาทดลองสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 4 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

2. แบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 1 ฉบับ

3. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบ Rubrics Score ประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 3) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง 5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุปมี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์แบ่งระดับความสามารถ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้และปรับปรุง

4. แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานแบบ Rubric Score มีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน จำนวน 1 ข้อ 2) ด้านการแก้ปัญหา จำนวน 2 ข้อ 3) ด้านการใช้ประโยชน์ จำนวน 2 ข้อ และ 4) ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ จำนวน 2 ข้อโดยกำหนดเกณฑ์แบ่งระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้ และปรับปรุง

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือโดยมีรายละเอียดดังต่อนี้

1. ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่สอนด้วยวิธีการตามแนวสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย (แจ่มประชานุกูล) จังหวัดสมุทรสงครามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ความร้อน

1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและหลักการวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ, 2557) และวิเคราะห์ความรู้เดิมความสนใจรวมทั้งความสามารถของผู้เรียนเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 กำหนดสาระการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัส ว 21102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ ความร้อน ประกอบด้วย 4 เรื่องได้แก่ 1. ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน 2. ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน 3. การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์ , ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ 4. การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ตัวชี้วัดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อจะสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 4 แผน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	มาตรฐานตัวชี้วัดสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท.)	STEM	ตัวชี้วัด	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สาระสำคัญ	จำนวน (ชั่วโมง)	ชื่อผลงาน
1	1. ความร้อนกับอุณหภูมิและการถ่ายโอนความร้อน - ความร้อน - อุณหภูมิ - การนำความร้อน - การพาความร้อน - การแผ่รังสีความร้อน	ต. 1 ระบุปัญหาที่พบ ต. 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ต. 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM ต. 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ต. 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ต. 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	☑ S ระบุปัญหาที่พบ ☑ T รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ☑ E, M ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ☑ T นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	ว 2.3 ม.1/2 ว 2.3 ม.1/6 ว 2.3 ม.1/7	☑ ทักษะที่ 1 การตั้งสมมติฐาน ☑ ทักษะที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ☑ ทักษะที่ 3 กำหนดและควบคุมตัวแปร ☑ ทักษะที่ 4 การทดลอง ☑ ทักษะที่ 5 การตีความและลงข้อสรุป	☑ S ความร้อนเป็นพลังงานที่ถ่ายโอนจากวัตถุหรือระบบที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังวัตถุหรือระบบที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าส่วนระดับความร้อน ☑ T ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม ☑ E สามารถสร้างชิ้นงานโดยนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนมาประยุกต์ใช้ด้วยการทำงานร่วมมือกันอย่างเป็นระบบ ☑ M สามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ใช้ได้จาก $Q = mc\Delta t$ และ $Q=ml$	3	บ้านเอสกิโม

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	มาตรฐานตัวชี้วัดสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท.)	STEM	ตัวชี้วัด	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สาระสำคัญ	จำนวน (ชั่วโมง)	ชื่อผลงาน
2	2. ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสารและสมดุลความร้อน - ปริมาณความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและสถานะของสาร - คำนวณปริมาณความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร	ต. 1 ระบุปัญหาที่พบ ต. 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ต. 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM ต. 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ต. 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ต. 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	☑ S ระบุปัญหาที่พบ ☑ T รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ☑ E, M ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ☑ T นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	ว 2.3 ม. 1/1 ว 2.3 ม. 1/2 ว 2.3 ม. 1/5	☑ ทักษะที่ 1 การตั้งสมมติฐาน ☑ ทักษะที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ☑ ทักษะที่ 3 กำหนดและควบคุมตัวแปร ☑ ทักษะที่ 4 การทดลอง ☑ ทักษะที่ 5 การตีความและลงข้อสรุป	☑ S สารเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะ สมดุลความร้อนเกิดจากภาวะที่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกันสัมผัสกัน เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ จนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน จึงหยุดการถ่ายโอนความร้อน ☑ T ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม ☑ E สามารถสร้างชิ้นงานโดยนำความรู้เรื่องการปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสารและสมดุลความร้อน ☑ M สามารถคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารได้ด้วยสูตร $Q = mc\Delta t$ และคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารด้วยสูตร $Q=ml$	3	ไอศกรีมหลอด

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	มาตรฐานตัวชี้วัดสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท.)	STEM	ตัวชี้วัด	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สาระสำคัญ	จำนวน (ชั่วโมง)	ชื่อผลงาน
3	3. การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์ 4. ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์	ต. 1 ระบุปัญหาที่พบ ต. 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ต. 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM ต. 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ต. 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ต. 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	☑ S ระบุปัญหาที่พบ ☑ T รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ☑ E, M ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ☑ T นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	ว 2.3 ม.1/3 ว 2.3 ม.1/4	☑ ทักษะที่ 1 การตั้งสมมติฐาน ☑ ทักษะที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ☑ ทักษะที่ 3 กำหนดและควบคุมตัวแปร ☑ ทักษะที่ 4 การทดลอง ☑ ทักษะที่ 5 การตีความและลงข้อสรุป	☑ S วัตถุสีเข้มดูดกลืนและคายรังสีอินฟาเรดได้ดีกว่าวัตถุสีอ่อน ☑ T ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม ☑ E สามารถสร้างชิ้นงานโดยนำความรู้เรื่องการดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์ สามารถสร้างชิ้นงานโดยนำความรู้เรื่องความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ ☐ M -	3	โคมลอย

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	มาตรฐานตัวชี้วัดสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท.)	STEM	ตัวชี้วัด	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สาระสำคัญ	จำนวน (ชั่วโมง)	ชื่อผลงาน
4	5. การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้	ต. 1 ระบุปัญหาที่พบ ต. 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ต. 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM ต. 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ต. 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ต. 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	☑ S ระบุปัญหาที่พบ ☑ T รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ☑ E, M ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยง STEM วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง ☑ T นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา	ว 2.3 ม. 1/3 ว 2.3 ม. 1/6 ว 2.3 ม. 1/7	☑ ทักษะที่ 1 การตั้งสมมติฐาน ☑ ทักษะที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ☑ ทักษะที่ 3 กำหนดและควบคุมตัวแปร ☑ ทักษะที่ 4 การทดลอง ☑ ทักษะที่ 5 การตีความและลงข้อสรุป	☑ S ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ - สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี - ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปร - สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการ - เลือกเทคนิควิธีการสำรวจทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ - รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ - วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป - สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ☑ T ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและใช้สื่อเทคโนโลยีหาข้อมูลเพิ่มเติม ☑ E สามารถสร้างสร้างแบบจำลองหรือรูปแบบ ☐ M -	3	กล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

1.5 วิธีการหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

1.5.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.5.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผลจำนวน 1 คน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องเชิงเนื้อหา และประเมินความเหมาะสมของแผนการสอนที่สร้างขึ้นซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนนเท่ากับ +1 เมื่อแน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา

ให้คะแนนเท่ากับ 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา

ให้คะแนนเท่ากับ -1 เมื่อแน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

โดยคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of Objective Congruence : IOC) จากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของแผนจัดการเรียนรู้

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of Objective Congruence : IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา(มาเรียม นิลพันธุ์, 2558:177) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกแผนการสอน ผู้เชี่ยวชาญแนะนำเรื่องการออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้

1.5.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ ไปทดลองใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน ของโรงเรียนวัดดอนมะโนราที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ดำเนินการทดลองระหว่างวันที่ 12 พฤศจิกายน 2562 ถึงวันที่ 14 พฤศจิกายน 2562 เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง

โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จำนวน 3 ชั่วโมง ผลการทดลองใช้พบว่า นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมากในการทำกิจกรรมการทดลอง ทำให้เกินเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงได้ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา

1.5.4 นำแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 22 คน โรงเรียนวัดบางน้อย (แจ่มประชานุกูล) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

สรุปขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องความร้อน เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2.1 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดบางน้อย (แจ่มประชานุกูล) จังหวัดสมุทรสงครามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐานหน่วยการเรียนรู้ความร้อน

2.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและวิธีการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ความรู้เดิม ความสนใจและความสามารถของผู้เรียน

2.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และครอบคลุมสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ในการทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ สำหรับแบบทดสอบที่จัดทำขึ้นมี 1 ฉบับเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก (Multiple Choice) จำนวน 20 ข้อ ดังตารางที่ 10 และผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบเป็น 2 เท่า จำนวน 40 ข้อ

ตารางที่ 9 วิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice)

ตัวชี้วัด	จำนวนข้อ						รวม
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	ความคิดสร้างสรรค์	
ว 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูลและคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q=ml$ ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสาร	2	2	1	1	-	-	6
ว 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องขากได้รับหรือสูญเสียความร้อน ว 2.3 ม.1/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความร้อนของการหดหรือขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	1	1	1	-	-	1	4
ว 2.3 ม.1/5 วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$	1	2	1	1	-	-	5
ว 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสี ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบ เลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน	-	1	2	1	-	1	5
รวม	4	6	5	3	-	2	20

2.4 นำแบบทดสอบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญเดิมจำนวน 3 คน คือ ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์, ด้านสะเต็มศึกษา และด้านวัดและประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมจากค่าเฉลี่ยความคิดเห็นตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงของเนื้อหานำข้อสอบนั้นไปใช้ได้ (มาเรียม นิลพันธ์, 2558: 177) และหากมีข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก็นำไปปรับปรุงแก้ไข ข้อเสนอแนะที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำคือการออกข้อสอบให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและออกข้อสอบให้สอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

2.6 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)จังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 30 คน ที่เคยเรียนเรื่อง ความร้อนมาแล้วซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อดูความเหมาะสมของแบบทดสอบ

2.7 ตรวจสอบค่าความยากง่าย (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบปรนัย โดยใช้เกณฑ์ความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 ถ้าค่าความยากง่าย < 0.20 ถือว่าแบบทดสอบนั้นยากเกินไป ถ้าค่าความยากง่าย > 0.80 ถือว่าแบบทดสอบนั้นง่ายเกินไป (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558:186 - 188) ซึ่งได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.37 – 0.70 (รายละเอียดดังตารางที่ 25 ภาคผนวก ค: 133) (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558: 186 - 188) และเกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ควรมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป มีการแปลค่าอำนาจจำแนกได้ดังนี้

0.40 – 1.00 คือ จำแนกได้ดี ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง +1 เป็นข้อสอบที่ดี

0.30 – 0.39 คือ จำแนกได้ดี เป็นข้อสอบที่ดีพอสมควร อาจต้องปรับปรุง

0.20 – 0.29 คือ จำแนกได้พอใช้ แต่ต้องปรับปรุง

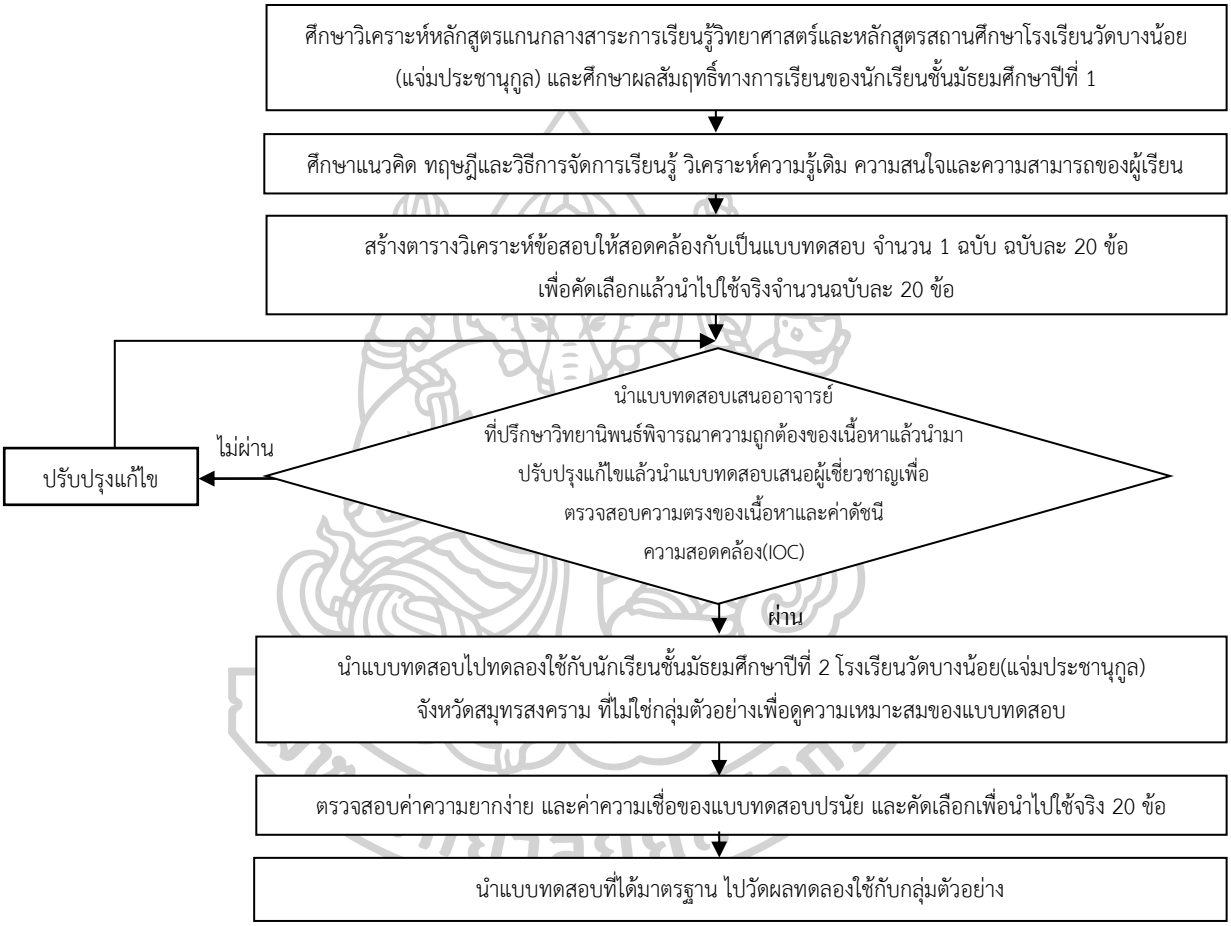
-1.00 – 0.19 คือ ไม่สามารถจำแนกได้ แต่ต้องปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ซึ่งได้ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.65 (รายละเอียดดังตารางที่ 25 ภาคผนวก ค: 133)

2.8 ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) คือ การตรวจสอบวัดค่าความเชื่อมั่นที่คงที่โดยผู้วิจัยเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์แล้ว จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้วิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) จากสูตร KR - 20 โดยมีเกณฑ์การพิจารณาค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.75 ขึ้นไป (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555: 182) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.78 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค: 133)

2.9 นำแบบทดสอบที่หาค่าความเชื่อมั่นแล้วไปทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ กับกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยข้อสอบหลังเรียนจะสลับข้อและสลับตัวเลือก

สรุปการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความร้อน

3. ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score ประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้ 1) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 2) การตั้งสมมติฐาน 3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 4) การทดลอง 5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุปมี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์แบ่งระดับความสามารถ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้และปรับปรุง มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.2 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3 สร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจะประเมินระหว่างการทำกิจกรรมโดยครูเป็นผู้ประเมิน แบ่งการประเมินเป็น 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 3) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 4) การทดลองและ 5) การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์(Rubric Scoring) จำแนกความสามารถออกเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 10 เกณฑ์การประเมินพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 10 เกณฑ์การประเมินพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1. การตั้งสมมติฐาน	คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า	เขียนสมมติฐานโดยอาศัยความรู้เดิม จากการสังเกต ใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้อย่างสมเหตุสมผล	เขียนสมมติฐาน โดยอาศัยความรู้เดิม จากการสังเกต ใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ค่อนข้างสมเหตุสมผล	เขียนสมมติฐาน โดยอาศัยความรู้เดิม จากการสังเกต ใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามสมเหตุสมผลบางส่วน	เขียนสมมติฐาน โดยอาศัยความรู้เดิม จากการสังเกต ใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามไม่สมเหตุสมผล	เขียนสมมติฐาน โดยอาศัยความรู้เดิม จากการสังเกต ใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามไม่ถูกต้อง
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง	กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลองได้ครบถ้วนและถูกต้อง	กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลองได้ครบถ้วนและค่อนข้างถูกต้อง	กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลองได้ครบถ้วนแต่ถูกต้องบางส่วน	กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลองได้ครบถ้วนแต่ไม่ถูกต้อง	กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลองไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง
3. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร	การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรวบคุม	กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ครบถ้วนและถูกต้องทั้งหมด	กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ครบถ้วนแต่ถูกต้องบางส่วน	กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมไม่ครบถ้วนแต่ถูกต้องทั้งหมด	กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ครบถ้วนแต่ไม่ถูกต้อง	กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง
4. การทดลอง	ความสามารถในการออกแบบ	ออกแบบ/ทดลองและใช้อุปกรณ์ถูกต้อง เหมาะสมและถูกวิธี	ออกแบบ/ทดลองและใช้อุปกรณ์ค่อนข้างถูกต้องแต่ยังไม่เหมาะสมและถูกวิธี	ออกแบบ/ทดลองและใช้อุปกรณ์ถูกต้องเหมาะสมบางส่วนแต่ถูกวิธี	ออกแบบ/ทดลองและใช้อุปกรณ์ถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสมและไม่ถูกวิธี	ออกแบบ/ทดลองและใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง เหมาะสมและไม่ถูกวิธี
	การบันทึกผล	บันทึกผลถูกต้องและออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูล	บันทึกผลถูกต้องและออกแบบตารางบันทึกผลที่ค่อนข้างเหมาะสมกับข้อมูล	บันทึกผลถูกต้องและออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลบางส่วน	บันทึกผลถูกต้องแต่ออกแบบตารางบันทึกผลที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล	บันทึกผลไม่ถูกต้องออกแบบตารางบันทึกผลไม่เหมาะสมกับข้อมูล
5. การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป	สรุปและวิเคราะห์ผล	สรุปและวิเคราะห์ผลประเด็นสำคัญได้ครบถูกต้อง	สรุปและวิเคราะห์ผลประเด็นสำคัญได้ครบและค่อนข้างถูกต้อง	สรุปและวิเคราะห์ผลประเด็นสำคัญได้ครบและถูกต้องบางส่วน	สรุปและวิเคราะห์ผลประเด็นสำคัญไม่ครบแต่ถูกต้อง	สรุปและวิเคราะห์ผลประเด็นสำคัญไม่ครบและไม่ถูกต้อง

จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการแปลความหมาย สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับนั้น ใช้สูตรคำนวณอันตรภาคชั้น (Interval Scale)) ใช้สูตรการคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้น ดังนี้ (ชูใจ คูหารัตนไชย, 2542; ไชยยศ ไพวิทย์ศิริธรรม, 2557: 12)

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$= \frac{5-1}{5}$$

$$= 0.80$$

และได้แบ่งอันตรภาคชั้นเท่า ๆ กันโดยให้แต่ละช่วงชั้นมีความกว้างเท่ากับ 0.80 ซึ่งเรียงค่าระดับความสามารถมากน้อยต่อระดับพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยที่คำนวณได้มีความหมายดังนี้

4.21 - 5.00	หมายถึง	ดีมาก
3.41 - 4.20	หมายถึง	ดี
2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
1.81 – 2.60	หมายถึง	พอใช้
1.00 – 1.80	หมายถึง	ปรับปรุง

3.4 เสนอแบบประเมินพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) (ชูใจ คูหารัตนไชย, 2542; ไชยยศ ไพวิทย์ศิริธรรม, 2557: 12) สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัด

3.5 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา(Content Validity) แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และพิจารณาความเหมาะสมโดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนนเท่ากับ +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินมีความเหมาะสม

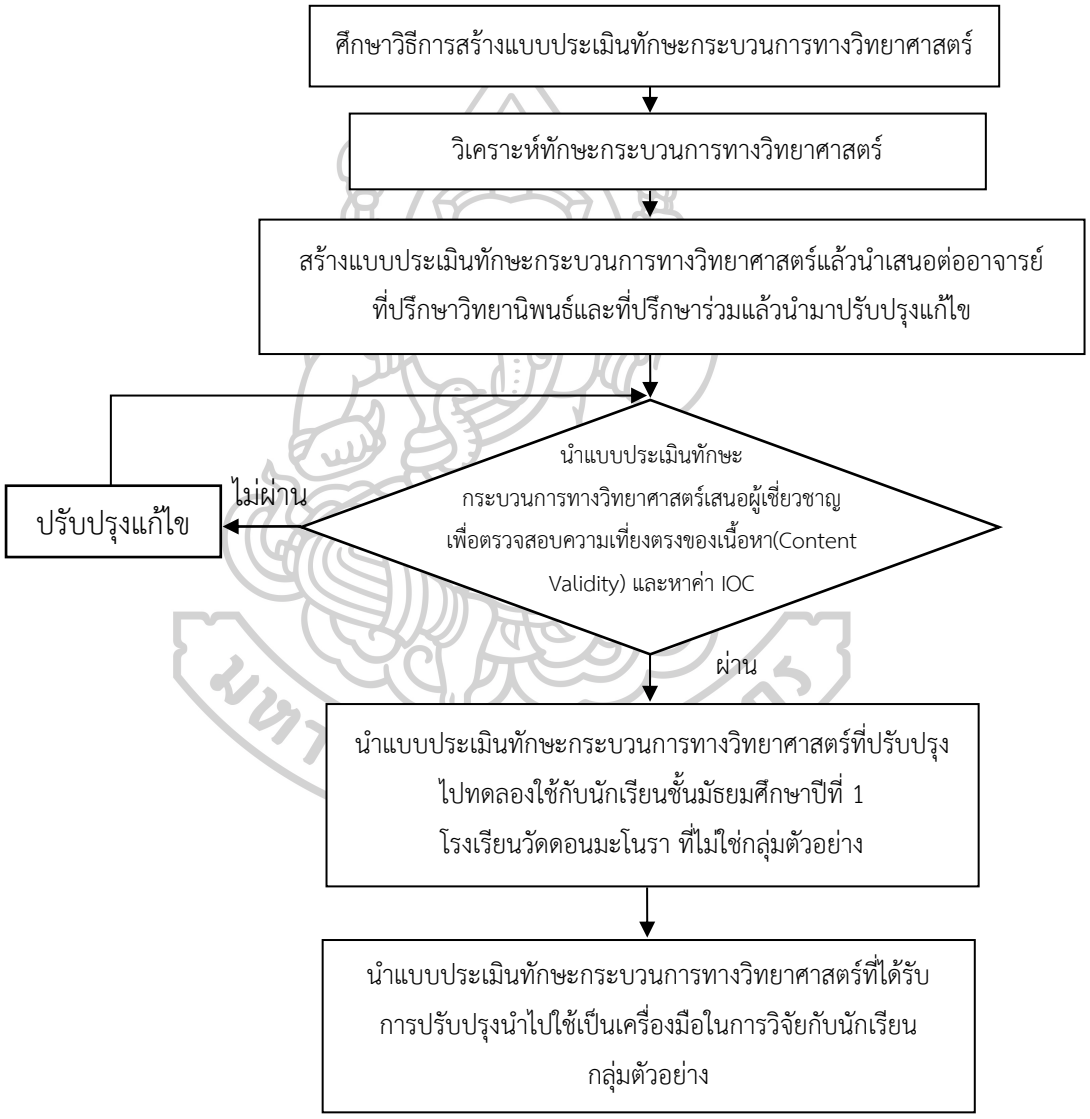
ให้คะแนนเท่ากับ 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบประเมินมีความเหมาะสม

ให้คะแนนเท่ากับ -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินไม่มีความเหมาะสม

และพิจารณาความเหมาะสมจากค่าเฉลี่ยความคิดเห็น อยู่ระหว่าง 0.50 - 1.00 จึงจะถือว่าแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานนั้น มีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (มาเรียม นิลพันธ์, 2558: 177) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 (ดังรายละเอียดภาคผนวก ค: 131) ข้อเสนอแนะที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำคือให้ตรวจสอบความสมบูรณ์ด้านเนื้อหาระดับคะแนนของเครื่องมือวิจัย

3.6 นำแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการปรับปรุงเนื้อหาของระดับคะแนนและข้อคำถามที่ใช้ในการวัดรวมถึงปรับเกณฑ์การประเมินให้เหมาะสมกับนักเรียน นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) ใช้ประเมินระหว่างนักเรียนทำกิจกรรม

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลงานสร้างสรรค์ (The Creative Product Sematic Scale, CPSS) ที่พัฒนาโดย Besemer and Quin (1986) ประเมินผลงานสร้างสรรค์ใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านนวภาพ ด้านการแก้ปัญหาและด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ เป็นการประเมินค่าตามมาตรจำแนก โดยพัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ (2532) และประสาร มาลากุล ณ อยุธยา นำมาพัฒนาให้เป็นแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ซึ่งอาศัยการพิจารณาร่วมกับเกณฑ์ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ต่อมาสมาน ถาวรรัตนวณิช (2541) ได้นำแบบประเมินนี้มาใช้ในการประเมินสิ่งประดิษฐ์ทั่วไปและใช้ชื่อว่าแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากงานประดิษฐ์ เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการวัดและประเมินดังกล่าวพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบการประเมินดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อให้มีความสอดคล้องกับการวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษาโดยวัดผลด้านความสามารถ ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนจากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง ซึ่งลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถคือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงานและผลสำเร็จของงาน เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2526) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการประเมินดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score มีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน จำนวน 1 ข้อ 2) ด้านการแก้ปัญหา จำนวน 2 ข้อ 3) ด้านการใช้ประโยชน์ จำนวน 2 ข้อ และ4) ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ จำนวน 2 ข้อ และจำแนกระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้และปรับปรุง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2526) มีขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาการสร้างแบบประเมินจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานผลงาน

4.2 นำข้อมูลที่ศึกษามากำหนดโครงสร้างเนื้อหาของเครื่องมือ และดำเนินการสร้างเครื่องมือ โดยกำหนดรายการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน จำนวน 1 ข้อ 2) ด้านการแก้ปัญหา จำนวน 2 ข้อ 3) ด้านการใช้ประโยชน์ จำนวน 2 ข้อ และ 4) ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ จำนวน 2 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์ (Rubric Scoring) จำแนกความสามารถออกเป็น 3 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

รายการประเมินความสามารถในการสร้างผลงาน	**ระดับคะแนน**		
	3 (ดี)	**2 (พอใช้)**	**1 (ปรับปรุง)**
1. ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน (novelty)			
1.1 ด้านผลงานมีการออกแบบอย่างสร้างสรรค์ ผลงานมีความแปลกใหม่	มีการออกแบบผลงานอย่างสร้างสรรค์ ผลงานมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร(สร้างผลงานที่มีความแตกต่างจากผู้อื่น)	มีการออกแบบผลงานอย่างสร้างสรรค์แต่ผลงานมีการดัดแปลงคล้ายของคนอื่นบ้างเล็กน้อย	มีการออกแบบผลงานอย่างสร้างสรรค์แต่ผลงานมีการดัดแปลงคล้ายของผู้ทั้งหมด
2. ด้านการแก้ปัญหา (resolution)			
2.1 ด้านการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานได้เหมาะสมคุ้มค่า	มีการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานได้เหมาะสม คุ้มค่าและปลอดภัย	มีการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานได้เหมาะสมเล็กน้อย และปลอดภัย	มีการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานไม่เหมาะสมเล็กน้อย และไม่ปลอดภัย
2.2 ด้านแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM)	แก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง	แก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้บางส่วน	แก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ไม่ได้
3. ด้านการใช้ประโยชน์ (useful)			
3.1 ด้านผลงานสามารถตอบสนองต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	ผลงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน	ผลงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้บางส่วน	ผลงานไม่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน
3.2 ด้านความปลอดภัยและความสะดวกในการใช้งาน	ผลงานมีความปลอดภัย มีความสะดวก เหมาะสมทั้งชิ้นงาน	ผลงานมีความปลอดภัย แต่ไม่มีความสะดวกในการใช้งาน	ผลงานไม่มีความปลอดภัย และไม่มีความสะดวกในการใช้งาน
4. ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis)			
4.1 ด้านความสวยงาม	ผลงานมีความสวยงามตลอดทั้งชิ้นงาน	ผลงานมรความสวยงาม แต่มีร่องรอยตำหนิของชิ้นงานบางส่วน	ผลงานขาดความสวยงามและมีร่องรอยตำหนิทั้งชิ้นงาน
4.2 ด้านการตกแต่งเพิ่มเติม	ผลงานมีการตกแต่งรายละเอียดต่าง ๆ อย่างเหมาะสมและน่าสนใจ	ผลงานมีการตกแต่งรายละเอียดต่าง ๆ ได้เหมาะสมบางส่วน	ผลงานมีการตกแต่งรายละเอียดต่าง ๆ ไม่เหมาะสม

ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน ดังนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
2.64 - 3.00	ดี
1.67 – 2.63	พอใช้
1.00 – 1.66	ปรับปรุง

จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการแปลความหมาย สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับนั้น ใช้สูตรคำนวณอันตรภาคชั้น (Interval Scale)) ใช้สูตรการคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้น ดังนี้ (ชูใจ คูหารัตนไชย, 2542)

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$= \frac{3-1}{3}$$

$$= 0.67$$

และได้แบ่งอันตรภาคชั้นเท่า ๆ กันโดยให้แต่ละช่วงชั้นมีความกว้างเท่ากับ 0.67 ซึ่งเรียงค่าระดับความสามารถมากน้อยต่อระดับความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนเฉลี่ยที่คำนวณได้มีความหมายต่อไปนี้

2.64 - 3.00 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับ ดี

1.67 – 2.63 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับ พอใช้

1.00 – 1.66 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับ ปรับปรุง

4.3 เสนอแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัด

4.4 นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ปรับปรุงเกณฑ์การประเมิน และนำแบบประเมินไปทดลอง แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนนเท่ากับ +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินมีความเหมาะสม

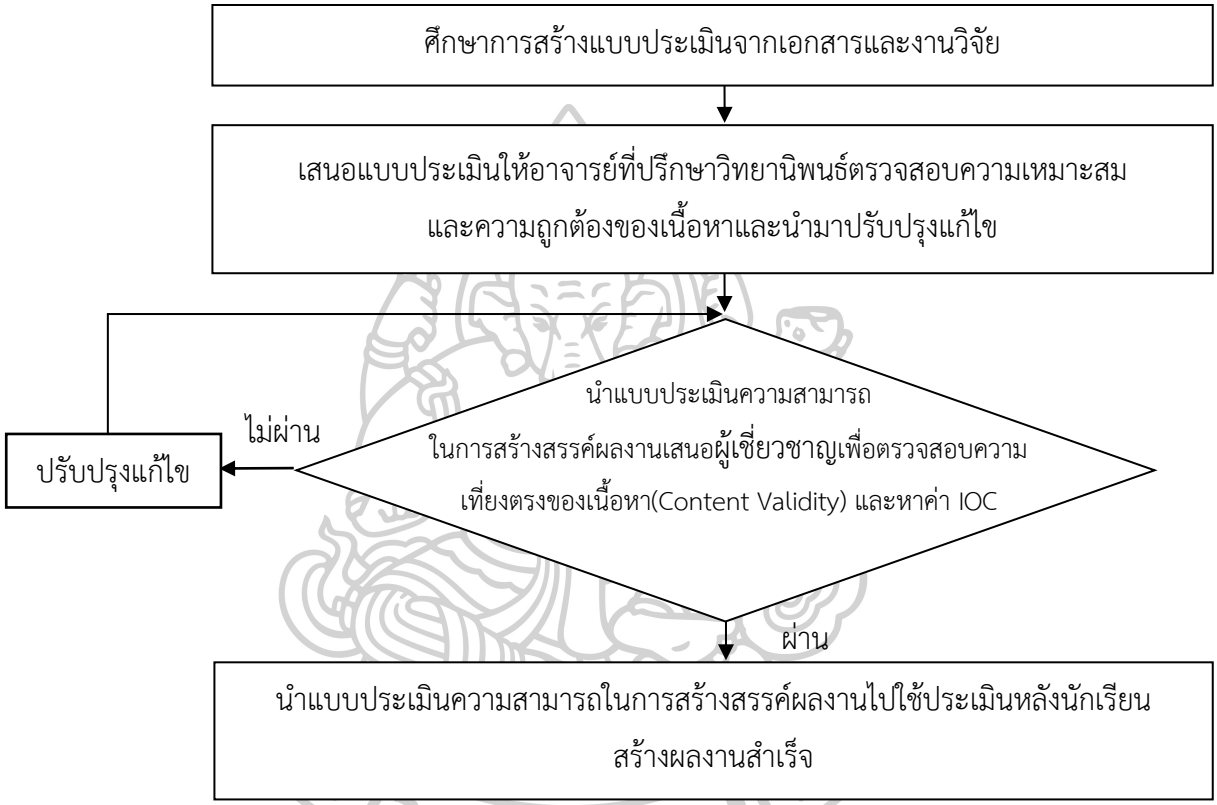
ให้คะแนนเท่ากับ 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบประเมินมีความเหมาะสม

ให้คะแนนเท่ากับ -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบประเมินไม่มีความเหมาะสม

และพิจารณาความเหมาะสมจากค่าเฉลี่ยความคิดเห็น ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 จึงจะถือว่าแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานนั้น มีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (มาเรียม นิลพันธ์, 2558: 177) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.67 - 1.00 (ดังรายละเอียดภาคผนวก ค: 133) ข้อเสนอแนะที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำคือให้ตรวจสอบความสมบูรณ์ด้านเนื้อหาและเกณฑ์ในการประเมินของเครื่องมือวิจัย

4.5 นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานมาปรับปรุงแก้ไข ข้อคำถามที่ใช้ในการวัดและปรับเกณฑ์การประเมินให้เหมาะสมกับนักเรียนเนื้อหาตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำและนำไปใช้ประเมินหลังนักเรียนสร้างผลงานสำเร็จในแต่ละแผนจำนวนทั้งสิ้น 4 แผน

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสร้างสรรค์ผลงาน ดังแผนภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนทั้ง 6 ขั้นตอนดังนี้

2.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้นำเสนอเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่จะทำไปสู่ปัญหาและใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ เมื่อนักเรียนได้รับรู้ถึงปัญหาแล้ว จึงเกิดการระดมความคิดเพื่อช่วยกันกำหนดขอบเขตของปัญหา แบ่งปัญหาออกเป็นรายข้อและเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดเพื่อนำไปสู่การรวบรวมข้อมูล

2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดจำเป็นต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหานั้น โดยข้อมูลนั้นได้จากการครูเป็นผู้สอนในบทเรียนและนักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ต โดยใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือในการค้นหาเพื่อนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงาน

2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา นักเรียนจะเริ่มออกแบบชิ้นงานโดยอาศัยข้อมูลที่รวบรวมมาช่วยในการออกแบบ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะ, ช่วยเหลือและสังเกตการทำงานของนักเรียนแต่ละคน

2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนได้แบบร่างมาแล้วจึงเริ่มสร้างชิ้นงานขึ้นตามแบบที่ได้กำหนดไว้ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะ, ช่วยเหลือตลอดจนดูแลด้านความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์และสังเกตการทำงานของนักเรียนแต่ละคน

2.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปทดสอบว่าชิ้นงานนี้สามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่โดยทดสอบชิ้นงานที่ละกลุ่ม แต่ละกลุ่มทดสอบและจดบันทึกผลข้อบกพร่องเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงชิ้นงาน หลังจากที่นักเรียนทดสอบชิ้นงานแล้วครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีส่วนร่วมในการให้คะแนนชิ้นงานของเพื่อนนักเรียนด้วยกัน เพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้สึกและฝึกการยอมรับข้อแตกต่าง โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินกิจกรรม

2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป เมื่อนักเรียนทดสอบชิ้นงานและรวบรวมผลที่ได้จากการทดสอบแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการแก้ปัญหา ข้อดีข้อเสียของชิ้นงานและการข้อเสนอแนะในการทำงานครั้งต่อไป

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำกิจกรรม ปัญหาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำกิจกรรมในครั้งต่อไป เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบในหน่วยการเรียนแล้วครูให้นักเรียนเชื่อมโยงสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้มาทั้งหมดว่าเชื่อมโยงกับวิชาหรือความรู้ในด้านใดบ้าง โดยให้นักเรียนเขียนแสดงออกมาในรูปของผังความคิด ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

3. ผู้วิจัยดำเนินการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความร้อน จำนวน 4 ครั้ง ของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะประเมินในช่วงที่นักเรียนทำกิจกรรมด้วยวิธีการสังเกตและจดบันทึกโดยใช้แบบประเมินพัฒนาการทักษะกระบวนการ

4. ผู้วิจัยดำเนินการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยประเมินผลงานหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความร้อน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2, 3 และ 4 ทุกแผนตามลำดับ ซึ่งจะได้ผลงานทั้งหมด 4 ผลงาน โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

5. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเป็นแบบทดสอบเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้วิธีการสลับข้อและสลับตัวเลือก

การวิเคราะห์ข้อมูลและค่าสถิติในการใช้วิเคราะห์ข้อมูล

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence : IOC)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน โดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

3. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

4. วิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ตารางที่ 12 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์	วิธีการ	กลุ่มเป้าหมาย	เครื่องมือ	การวิเคราะห์ข้อมูล
1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน	ทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) จังหวัดสมุทรสงคราม	แบบทดสอบผลการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่า t-test dependent
2. เพื่อประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) จังหวัดสมุทรสงคราม	แบบประเมินทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
3. เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	ประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) จังหวัดสมุทรสงคราม	แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นงานวิจัยลักษณะเชิงทดลอง แบบแผนการวิจัยแบบการทดลองขั้นพื้นฐาน (pre - experimental design) แบบ one-group pre-test post-test design และแบบOne – Shot Case Study โดยใช้การวิจัยศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้ง (Time – Series design) โดยมีขั้นตอนการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลการวิจัยจากเอกสาร ตำรา วรรณกรรม แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อสร้างเครื่องมือและปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือ 2) ทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและประเมินผลของการจัดกิจกรรมโดยมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย (แจ่มประชานุกูล) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เป็นหน่วยการวิเคราะห์ (Unit of Analysis) นำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล 3) รายงานผลการวิจัยเพื่อเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และปรับปรุงแก้ไขตามที่คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้เสนอแนะ และส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ต่อบัณฑิตวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 3 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 22 คน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ด้วย t – test แบบ Dependent

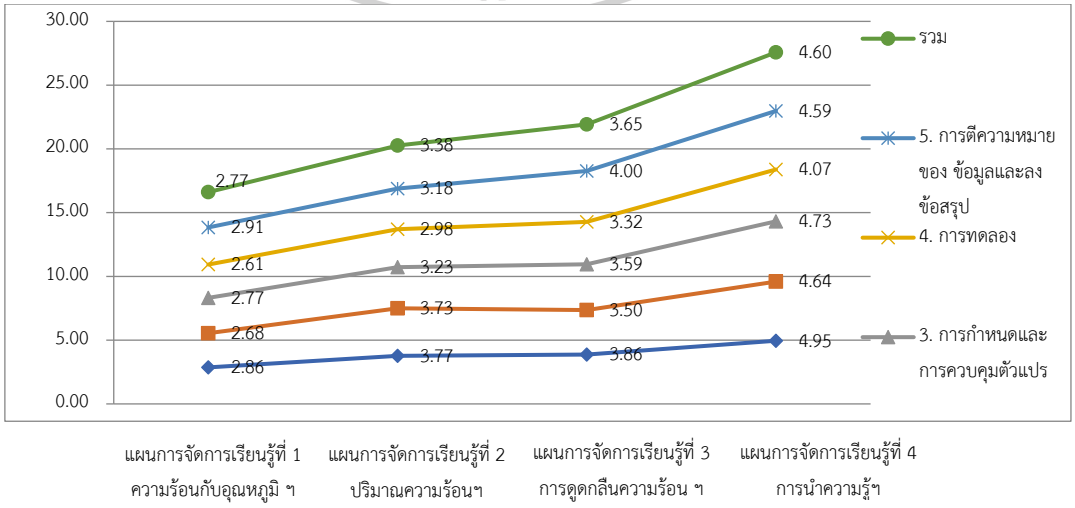
การทดสอบ	จำนวนนักเรียน (n)	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t-test	Sig.
คะแนนก่อนเรียน	22	20	12.91	1.10	-13.282	.000**
คะแนนหลังเรียน	22	20	16.86	0.83		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 14 พบว่า ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ($\bar{x}$= 16.86 S.D. = 0.83) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$=12.91, S.D. = 1.10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 5 ทักษะ ดังแผนภูมิที่ 1 และตารางที่ 14



แผนภูมิที่ 1 แสดงพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 14 แสดงผลการศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์															รวม		พหุนามลำดับขั้น
	1. การตั้งสมติฐาน			2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร			3. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร			4. การทดลอง			5. การตีความหมายของ ข้อมูลและลงข้อสรุป					
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	
1 ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน	2.86 (2)	0.56	ปานกลาง	2.68 (4)	0.48	ปานกลาง	2.77 (3)	0.43	ปานกลาง	2.61 (5)	0.48	ปานกลาง	2.91 (1)	0.29	ปานกลาง	2.77 (4)	0.45	ปานกลาง
2. ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน	3.77 (1)	0.43	ดี	3.73 (2)	0.46	ดี	3.23 (3)	0.61	ปานกลาง	2.98 (5)	0.42	ปานกลาง	3.18 (4)	0.59	ปานกลาง	3.38 (3)	0.50	ปานกลาง
3. การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุ และประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์	3.86 (2)	0.35	ดี	3.50 (4)	0.60	ดี	3.59 (3)	0.50	ดี	3.32 (5)	0.47	ปานกลาง	4.00 (1)	0.76	ดี	3.65 (2)	0.54	ดี
4. การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้	4.95 (1)	0.21	ดีมาก	4.64 (3)	0.73	ดีมาก	4.73 (2)	0.46	ดีมาก	4.07 (5)	0.36	ดี	4.59 (4)	0.59	ดีมาก	4.60 (1)	0.47	ดีมาก
รวม	3.86 (1)	0.39	**ดี**	3.64 (3)	0.56	**ดี**	3.58 (4)	0.50	**ดี**	3.24 (5)	0.43	**ปานกลาง**	3.67 (2)	0.56	**ดี**	3.60	0.49	**ดี**

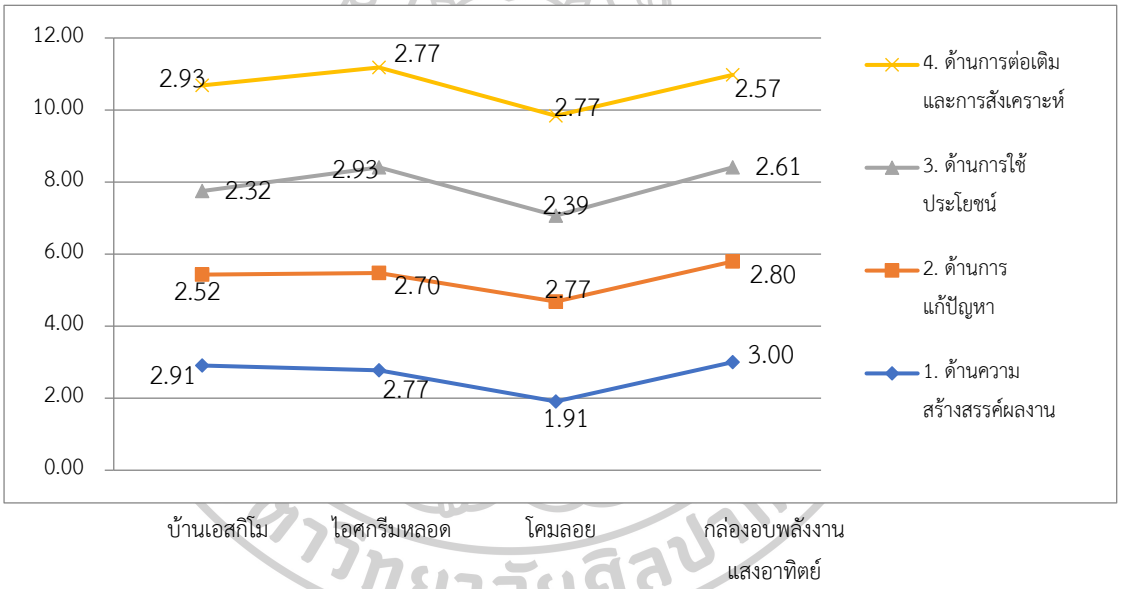
จากตารางที่ 14 และแผนภูมิที่ 1 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{X}$= 3.60, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาเป็นรายแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า แผนที่ 4 การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้อยู่ในระดับดีมาก อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.47) รองลงมาคือแผนที่ 3 การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.65, S.D. = 0.54) และแผนที่ 2 ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.38, S.D. = 0.50) และแผนที่ 1 ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.77, S.D. = 0.45) ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของแต่ละ แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า แผนที่ 1 ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน ด้านที่ 1 การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป อยู่ในระดับปานกลาง อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.91, S.D. = 0.29) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 2 การตั้งสมมติฐาน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.86, S.D. = 0.56) และด้านที่ 3 การกำหนดและการควบคุมตัวแปร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.77, S.D. = 0.43) และด้านที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.68, S.D. = 0.48) และด้านที่ 4 การทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง อันดับ 5 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.61, S.D. = 0.48) ตามลำดับ แผนที่ 2 ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน ด้านที่ 1 การตั้งสมมติฐาน อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.77, S.D. = 0.43) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.73, S.D. = 0.46) และด้านที่ 3 การกำหนดและการควบคุมตัวแปร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.23, S.D. = 0.61) และด้านที่ 4 การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.18, S.D. = 0.59) และด้านที่ 5 การทดลอง อยู่ในระดับ ปานกลาง อันดับ 5 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.98, S.D. = 0.42) ตามลำดับ แผนที่ 3 การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ ด้านที่ 5 การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.00, S.D. = 0.76) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 1 การตั้งสมมติฐานค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.86, S.D. = 0.35) และด้านที่ 3 การกำหนดและการควบคุมตัวแปร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.59, S.D. = 0.50) และด้านที่ 2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.50, S.D. = 0.60) และด้านที่ 5 การทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง อันดับ 5 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.32, S.D. = 0.47) ตามลำดับ และแผนที่ 4 การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้ ด้านที่ 1 การตั้งสมมติฐาน อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.95, S.D. = 0.21) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 3 การกำหนดและการควบคุมตัวแปร มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.73, S.D. = 0.46) และด้านที่ 3 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ของตัวแปรมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.64, S.D. = 0.73) และด้านที่ 5 การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.59, S.D. = 0.59) และด้านที่ 4 การทดลอง อยู่ในระดับดี อันดับ 5 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.07, S.D. = 0.36) ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานทั้งหมด 4 ด้าน ดังแผนภูมิที่ 2 และตารางที่ 15



แผนภูมิที่ 2 แสดงความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

ตารางที่ 15 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แผนจัดการเรียนรู้	ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน												รวม		ผลการประเมินโดยรวม
	1. ด้านความสร้างสรรค์ผลงาน			2. ด้านการแก้ปัญหา			3. ด้านการใช้ประโยชน์			4. ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์					
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ	$\bar{x}$	S.D.	
1 ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน ชื่อผลงาน : บ้านเอสกิโม	2.91 (2)	0.29	ดี	2.52 (3)	1.01	พอใช้	2.32 (4)	0.90	พอใช้	2.93 (1)	0.51	ดี	2.67 (3)	0.68	ดี
2. ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน ชื่อผลงาน : ไอศกรีมหลอด	2.77 (2)	0.43	ดี	2.70 (3)	0.93	ดี	2.93 (1)	4.70	ดี	2.77 (2)	0.83	ดี	2.80 (1)	1.72	ดี
3. การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ ชื่อผลงาน : โคมลอย	1.91 (3)	0.29	พอใช้	2.77 (1)	0.51	ดี	2.39 (2)	0.77	พอใช้	2.77 (1)	0.86	ดี	2.46 (4)	0.61	พอใช้
4. การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้ ชื่อผลงาน : กล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	3.00 (1)	0.00	ดี	2.80 (2)	0.71	ดี	2.61 (3)	0.90	พอใช้	2.57 (4)	1.00	พอใช้	2.74 (2)	0.65	ดี
รวม	2.65 (3)	0.18	ดี	2.70 (2)	0.23	ดี	2.56 (4)	1.92	พอใช้	2.76 (1)	0.21	ดี	2.67	0.64	ดี

จากตารางที่ 15 และแผนภูมที่ 2 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$=2.67, S.D.= 0.64) เมื่อพิจารณาเป็นรายแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า แผนที่ 2 ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน ผลงาน : ไอศกรีมหลอด อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.80, S.D. =1.72) รองลงมาคือแผนที่ 4 การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้ ผลงาน : กล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.71, S.D. = 0.65) และแผนที่ 1 ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน ผลงาน:บ้านเอสกิโม มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.64, S.D. = 0.68) และแผนที่ 3 การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ ผลงาน : โคมลอย มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.54, S.D. = 0.61) ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า แผนที่ 1 ความร้อนกับอุณหภูมิ,การถ่ายโอนความร้อน ด้านที่ 4 ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.93, S.D. = 0.51) รองลงมา ได้แก่ด้านที่ 1 ความสร้างสรรค์ผลงาน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.91, S.D. = 0.29) และด้านที่ 2 การแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.52, S.D. = 1.01) และด้านที่ 3 การใช้ประโยชน์ อยู่ในระดับพอใช้ อันดับ 4 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.32, S.D. = 0.90) ตามลำดับ แผนที่ 2 ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน ด้านที่ การใช้ประโยชน์ อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.93, S.D. = 4.70) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 1 ความสร้างสรรค์ผลงาน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.77, S.D. = 0.43) และด้านที่ 4 การต่อเติมและการสังเคราะห์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.77, S.D. = 0.83) และด้านที่ 3 การแก้ปัญหา อยู่ในระดับดี อันดับ 3 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.70, S.D. = 0.93) ตามลำดับ แผนที่ 3 การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์ , ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์ ด้านที่ 1 การแก้ปัญหา อยู่ในระดับดี อันดับ 1 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.77, S.D. = 0.51) และด้านที่ 4 การต่อเติมและการสังเคราะห์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.77, S.D. = 0.86) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 3 การใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.39, S.D. = 0.77) และด้านที่ 1ความสร้างสรรค์ผลงาน อยู่ในระดับพอใช้ อันดับ 3 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 1.91, S.D. = 0.29) ตามลำดับ และแผนที่ 4 การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้แสงอาทิตย์ ด้านที่ 1 ความสร้างสรรค์ผลงาน อยู่ในระดับดี อันดับ 1 ค่าเฉลี่ย (= 3.00, S.D. = 0.00) รองลงมา ได้แก่ ด้านที่ 2 การแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.80, S.D. = 0.71) และด้านที่ 3 การใช้ประโยชน์ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.61, S.D. = 0.90) และด้านที่ 4 การต่อเติมและการสังเคราะห์ อยู่ในระดับพอใช้ อันดับ 4 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 2.57, S.D. = 1.00) ตามลำดับ

ตารางที่ 16 ตัวอย่างผลงานของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้	**ผลงานบ้านเอสกิโม**				
	กลุ่มที่ 1	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**	**กลุ่มที่ 4**	**กลุ่มที่ 5**
แผนที่ 1 ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน					
แผนการจัดการเรียนรู้	**ผลงานไอศกรีมโบราณ**				
	กลุ่มที่ 1	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**	**กลุ่มที่ 4**	**กลุ่มที่ 5**
แผนที่ 2 ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน ผลงาน : ไอศกรีมหลอด					
แผนการจัดการเรียนรู้	**ผลงานโคมลอย**				
	กลุ่มที่ 1	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**	**กลุ่มที่ 4**	**กลุ่มที่ 5**
แผนที่ 3 การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์					
แผนการจัดการเรียนรู้	**ผลงานกล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์**				
	กลุ่มที่ 1	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**	**กลุ่มที่ 4**	**กลุ่มที่ 5**
แผนที่ 4 การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้					
สรุปกิจกรรม	**กลุ่มที่ 1**	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**	**กลุ่มที่ 4**	**กลุ่มที่ 5**

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นงานวิจัยลักษณะเชิงทดลอง เป็นงานวิจัยลักษณะเชิงทดลอง แบบแผนการวิจัยแบบการทดลองขั้นพื้นฐาน(pre experimental design) แบบ one-group pre-test post-test design และแบบ One – Shot Case Study ใช้การวิจัยศึกษากลุ่มเดียววัดหลายครั้ง (Time – Series design) โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 2) เพื่อศึกษาพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับกรจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 3) เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนขยายโอกาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม จำนวน 545 คน กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม จำนวน 22 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ปีการศึกษา 2562 ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับสลากได้โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ 1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ความร้อน จำนวน 4 แผน คือ แผนที่ 1. ความร้อนกับอุณหภูมิ, การถ่ายโอนความร้อน แผนที่ 2 ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร, สมดุลความร้อน แผนที่ 3 การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อนของวัตถุและประโยชน์, ความร้อนกับการขยายตัวและหดตัวของวัตถุและประโยชน์และแผนที่ 4 การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้เวลาทดลองสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 4 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง 2. แบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.37-0.70 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.30 - 0.65 และมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.78 3. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบ Rubrics Score มีค่าความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00 4. แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานแบบ Rubric Score มีค่าความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00 การวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณคะแนนค่าเฉลี่ย($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t – test) แบบ Dependent สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

สรุปผล

การวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีและมีพัฒนาการสูงขึ้น

3. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้นำผลมาอภิปรายดังนี้

1. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องมาจากการสอนตามแนวสะเต็มศึกษามีกระบวนการและขั้นตอนที่สามารถฝึกให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักวางแผนในการทำงาน กล้าแสดงความคิดเห็น สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาจนสามารถสร้างเป็นชิ้นงานได้ตามความคิดและจินตนาการของนักเรียน สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructivism ที่กล่าวไว้ 2 ประเด็นที่สำคัญด้วยกันคือ ประเด็นแรกผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (cognitive apparatus) ของตน ประเด็นที่สอง คือ การเรียนรู้ตามแนว Constructivism คือโครงสร้างทางปัญญา เป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางปัญญาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้คิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2559: 90-91) และเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง ผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556: 11) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2559: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์

ด้วยแสง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการคิดเชิงระบบผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่สอนโดยวิธีการสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม, ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

2. พัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 3) การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง 5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุป จากการศึกษาพบว่านักเรียนมีพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีและมีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับ ยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2 และเมื่อแยกเป็นรายทักษะโดยเรียงลำดับพัฒนาการได้ดังนี้ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐานภาพรวมอยู่ในระดับดี 2) ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุปภาพรวมอยู่ในระดับดี 3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรภาพรวมอยู่ในระดับดี 4) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรภาพรวมอยู่ในระดับดี และ 5) ทักษะการทดลองภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง จากผลการวิจัยทักษะการตั้งสมมติฐานมีพัฒนาสูงที่สุดเป็นอันดับหนึ่งเพราะว่านักเรียนมีความเข้าใจในการตั้งสมมติฐาน เกิดจากทุกครั้งที่มีการทำกิจกรรมครูจะให้นักเรียนฝึกการตั้งคำถามและลองคาดเดาคำตอบก่อนเป็นประจำเมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติซ้ำบ่อย ๆ จึงทำให้เกิดความเคยชินและสามารถปฏิบัติได้ดี ส่วนทักษะการทดลองที่มีพัฒนาการอยู่ในลำดับสุดท้าย เพราะว่าในทักษะการทดลองนี้จะแบ่งเป็นสองด้านด้วยกันได้แก่ ด้านการออกแบบและการบันทึกผล จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมของนักเรียนตลอดระยะเวลาในการวิจัยพบว่า ด้านการออกแบบนักเรียนออกแบบการทดลองโดยไม่ใส่รายละเอียดของการทดลอง ทั้งนี้เพราะครูยังอธิบายไม่ครอบคลุมและมีการชี้แนะเพิ่มเติมค่อนข้างน้อยบวกกับเวลาการทำกิจกรรมที่ค่อนข้างมีอย่างจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ ด้านการบันทึกผลการทดลองนักเรียนยังเขียนผลการทดลองเป็นภาพรวมไม่เจาะจงผลที่ได้ทำให้การสื่อความไม่ชัดเจนและผลการทดลองยังขาดรายละเอียด ทั้งนี้เพราะครูยังไม่สม่ำเสมอในการให้นักเรียนบันทึกผลอย่างละเอียด มักให้บันทึกผลเป็นภาพรวมก่อนเสมอทำให้นักเรียนเกิดความเคยชิน และเมื่อต้องการให้นักเรียนบันทึกผลโดยเก็บรายละเอียดจึงต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก แต่ถ้านักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการให้รายละเอียดของการออกแบบและบันทึกผลทุกครั้งโดยมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียน พร้อมกับครูช่วยชี้แนะเพิ่มเติมทุกครั้ง

ก็จะทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ที่กล่าวว่านักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองและนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่ และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน การมีปฏิสัมพันธ์กันการได้รับประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของกันและกันมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม และคณะ, 2557: 129-139) ซึ่งวรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 3) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ และสอดคล้องกับสุวัฒน์ นิยมค้า (2531: 104) กล่าวว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางความคิด เป็นกระบวนการทางปัญญาฉะนั้นจึงเป็นกระบวนการใช้แก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจรรย์สมร เหลืองสมานกุล (2557: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสาลิกา สำเภาทอง (2553: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมพัฒนาผู้เรียนโดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ เรื่อง กิจกรรมพัฒนาผู้เรียนโดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับพลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม และ ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติและสอดคล้องกับวรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551: บทคัดย่อ) ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยภาพรวมทั้ง 4 ผลงานอยู่ในระดับดี คะแนนเฉลี่ยที่ 2.67 ยอมรับสมมติฐานข้อที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านได้ผลดังนี้ 1) ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน (novelty) ภาพรวมอยู่ในระดับดี 2) ด้านการแก้ปัญหา (resolution) ภาพรวมอยู่ในระดับดี 3) ด้านการใช้ประโยชน์ (useful) ภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ 4) ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ ภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ มีคะแนนเฉลี่ย 2.76 จากผลการศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานนั้นด้านที่นักเรียนได้คะแนนสูงเป็นอันดับ 1 คือด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ พบว่านักเรียนสามารถสร้างผลงานได้หลากหลาย มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงานรู้จักประยุกต์วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีประโยชน์ได้ และด้านที่นักเรียนได้คะแนนลำดับสุดท้ายคือด้านการใช้ประโยชน์ พบว่าชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นยังไม่ตอบสนองในด้านการใช้ประโยชน์ เพราะว่าการออกแบบกิจกรรมของครูผู้สอนยังต้องปรับปรุงด้านการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันให้สามารถนำความรู้ไปพัฒนาหรือต่อยอดโดยสร้างเป็นชิ้นงานที่สามารถใช้ได้จริงให้มีประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น และจากการศึกษาความสามารถในการสร้างผลงานของนักเรียนทั้ง 4 ผลงาน ผลงานที่อยู่ในระดับดี อันดับ 1 ได้แก่ ไอศกรีมหลอด จากการศึกษาพบว่านักเรียนให้ความสนใจกับการทำการทำกิจกรรมไอศกรีมหลอดเป็นอย่างดี ก่อนเริ่มทำกิจกรรมมีความตั้งใจเรียนรู้ทั้งทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ในขณะที่ทำกิจกรรมนักเรียนมีความสนุกสนาน ตื่นเต้นและลุ้นตลอดเวลาว่าจะสามารถทำไอศกรีมได้ไหม หลังทำกิจกรรมเมื่อต้องสรุปผลและเชื่อมโยงกับความรู้ในภาคทฤษฎีนักเรียนก็สามารถตอบคำถามได้ดี เช่น ตอบได้ว่าในขณะที่สารเปลี่ยนสถานะมีความร้อนแฝงเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นต้นทั้งนี้เพราะนักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาสามารถเชื่อมโยงความรู้และใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสร้างชิ้นงาน และผลงานที่นักเรียนทำได้อยู่ในระดับพอใช้ คือ โคมลอย เพราะกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนนั้นมีขั้นตอนซับซ้อนค่อนข้างยากและใช้เวลานาน จึงทำให้ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหาครูให้เวลาในขั้นนี้ค่อนข่างน้อย และการอธิบายของครูไม่กระชับทำให้นักเรียนยังไม่เข้าใจว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใด สถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนไม่เชื่อมโยงกับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนมองภาพของการสร้างชิ้นงานไม่ชัดเจน ครูจึงควรยกตัวอย่างหลาย ๆ สถานการณ์จากง่ายไปหายากเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งการออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนดังกล่าวนี้มีเนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือ เรื่อง ความร้อน เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและส่งเสริมความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสอดคล้องกลับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2562) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยนำข้อมูลจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 มาใช้เป็นกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรให้มีความเหมาะสม โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการ บูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ หรือสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ที่เอื้อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การใช้ทักษะการคิดเชิง คำนวณ ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน,กระทรวงศึกษาธิการ) สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) โดยเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556: 11) สอดคล้องกับจรรย์สมร เหลืองสมานกุล (2557: บทคัดย่อ) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับนภาภรณ์ เพียงดวงใจ (2558: บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้โครงงานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์เรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงานร่วมกับร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับวรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551: บทคัดย่อ) ศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58 นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะการวิจัยดังนี้

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยด้านความการพัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ทักษะการทดลองอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น ครูควรฝึกให้นักเรียนเขียนบันทึกผลการทดลองและควรยกตัวอย่างวิธีการเขียน

2. จากผลการวิจัยความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน พบว่า ด้านการใช้ประโยชน์จากผลงานที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับพอใช้ ดังนั้น ครูควรมีการปรับปรุงกิจกรรมและอธิบายขั้นตอนการทำพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

3. ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่จัดให้นักเรียนในแต่ละหัวข้อค่อนข้างใช้เวลาในการสร้างชิ้นงานพอสมควร ดังนั้น ครูอาจให้นักเรียนสร้างชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวหลังจากเรียนเรียนจบในหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับวิธีสอนเช่น โครงงาน,

2. ควรมีการนำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ในการพัฒนาร่วมกับทักษะอื่น ๆ เช่น ทักษะการจำแนกประเภท

3. ควรมีการวิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการออกแบบเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ควรมีการศึกษาเจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

รายการอ้างอิง

กมลฉัตร กล่อมอิน. (2559). “การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู Learning management based on STEM education for student teacher.” **ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 18(4), 334-348.

กรมวิชาการ. (2554). **การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด**. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการ. (2544). **ความคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). **คู่มือครูแนวทางจัดทำแผนการสอนพัฒนาศักยภาพ โครงการทดลองพัฒนาศักยภาพเด็กไทย**. กรุงเทพฯ: กองวิจัยทางการศึกษา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กรัณย์พล วิวรรธมงคล. (2560). “รูปแบบการพัฒนาครูโดยใช้กระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพเพื่อส่งเสริม ความสามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Model of developing teachers by using the process of Professional Learning Community (PLC) in promoting learning management abilities based on the STEM education approach at the basic education level.”**VeridianE-Journal**, 11(3), 92-114

ไกรยศ ภัทราวาท. (2559). **PISA 2015 บทเรียนสำคัญจากระดับนานาชาติ. THAIPUBLICA ไทยพับลิก้า: กล้าพูดความจริง**. เข้าถึงเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2560. เข้าถึงได้จาก https://thaipublica.orc/2016/12/kraiyos-pisa-2015/

จรรย์สมร เหลืองสมานกุล (2559). “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (การพัฒนากิจกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์และการสร้างความสามารถในการประดิษฐ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.”**ศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร**, 8(1), 267-282.

จรรยา เจริญรัตน์ (2557). “การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยวิธีสอนแบบโครงงาน.” **ศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร**, 6(2), 182-194.

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด (2558). “การศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา.”**วารสารวิชาการฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ**, 8(1), 62-74.

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2557). “การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ Assessing Science Process Skills.”**วารสารสุทธิปริทัศน์**, 28(86), 356-359.

ชัยทศ จำเนียรกุล. (2556). **ความหมายของวิทยาศาสตร์**. เข้าถึงเมื่อ 21 ธันวาคม 2556. เข้าถึงได้จาก http://www.chaiyatos.com/profile.htm.

ชูใจ คูหารัตนไชย. (2542). **สถิติเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม. (2557). **การวัดและประเมินผลการศึกษา**. มหาวิทยาลัยศิลปากร

ณัฏพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). **ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ : แนวคิดและแนวปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ: ดวงกมล.

ณัฏชยานันต์ เกตุศรีศักดา, เจษฎากร โนอินทร์, กีรติ ตันเรือน และ พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ. (2560). “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.”การประชุมวิชาการระดับชาติ “นอร์ทเทิร์นวิจัย”ครั้งที่ 3 ประจำปี 2559. น.1-9.

ดุษฎี โยเหลา และคณะ. (2557). **การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน : จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนไทย**. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดทิพย์วิสุทธิ์.

ทิศนา แขมมณี. (2545). **ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2544). **โครงงานวิทยาศาสตร์:การวิจัยทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1**. กรุงเทพฯ: บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.

นพรัตน์ ศรีเจริญ. (2562). “ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียน.”**วารสารรามคำแหง ฉบับศึกษาศาสตร์**, 1(1), 38-39.

นภาภรณ์ เพียงดวงใจ. (2560). “การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงานร่วมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อเสริมสร้าง

ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (The Development of Instructional Science Model by using Project-based Learning Through Inquiry-based Learning by Flipped Classroom Approach to Enhance Creative Innovation Ability and Scientific Minds on Ninth Grade Students)."**ศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร**, 9(2), 190-204.

นัฐยา ทองจันทร์ และ พงษ์ศักดิ์ แป้นแก้ว. (2559). "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง Development of Creative Thinking In Science of Lower Secondary Students Learning Through Brain Storming."**วารสารบัณฑิตวิจัย**, 7(1), 2-14.

บัญชา แสนทวี. (2551). เตรียมพร้อมหลักสูตรแกนกลางฯ 51. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาสื่อการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์วัฒนาพานิชสำราญราษฎร์ (วพ.).

บัญชา แสนทวี. (2551). **แนวคิดการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา (กคศ.).

บัญชา แสนทวี. (2552). **การพัฒนาข้าราชการครูเพื่อให้มีหรือเลื่อนวิทยาฐานะเป็นครูชำนาญการพิเศษ.** ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา (กคศ.).

บัญชา แสนทวี. (2552). **คณะผู้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนว Backward Design**. กรุงเทพฯ: บริษัทอักษรเจริญทัศน์ อจท.จำกัด.

บัญชา แสนทวี. (2552). **สื่อการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เตรียมพร้อมหลักสูตรแกนกลางฯ 51**. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์วัฒนาพานิชจำกัด.

ปรีชา วงค์ชูศิริ. (2557). **ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์**. เข้าถึงเมื่อ 25 มกราคม 2557. เข้าถึงได้จาก http://www.l3nr.org/posts/390286

ปิยะพงษ์ ทรงประวัติ. (2557). "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรูปทัศนศิลป์ด้วยวิธีซินเนคติกส์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างสรรค์ภาพวาดสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4." **วารสารวิชาการ ฉบับมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ**, 8(2), 852-863.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). "STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21."**วารสารนักบริหาร**, 33(2), 49-56.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม และ ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. (2558). "การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ."ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 9(พิเศษ), 401-418.

พิมพันธ์ เตชะคุปต์. (2548). **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แบเนจเม็นท์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัสสร ติดมา, มลิวรรณ นาคขุนทด และ สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). “การจัดการเรียนรู้ตามทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์เพื่อส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.”**วารสารราชพฤกษ์**, 13(3), 71-76.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2546). **ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มาเรียม นิลพันธุ์. (2558). **วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. นครปฐม: โครงการส่งเสริมผลิตตำราและเอกสารการสอน คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ลัดดา ภู่เกียรติ. (2544). **โครงงานเพื่อการเรียนรู้หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม**. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). กิ**จกรรมทักษะกระบวนการสำหรับครู**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพชีวิต.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2556). **รูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด**. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. (2560). **การสร้างสรรค์**. เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2560. เข้าถึงได้จาก https://th.wikipedia.org/wiki/

วิจารณ์ พานิช. (2556). **การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ส.เจริญการพิมพ์.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2554). **การพัฒนาหลักสูตรระดับอุดมศึกษา.** กรุงเทพฯ: อาร์ แอนด์ ปริ้นท์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). **สะเต็มศึกษา Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM Education).** ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2559). **สรุปผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่านและคณิตศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 1-19**. เข้าถึงเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2560. เข้าถึงได้จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/

สธน เสนาสวัสดิ์. (2549). **การศึกษาการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่องสิ่งแวดล้อมตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมจิต สวธนไพบูลย์. (2527). **วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม**. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์, พักตร์ผจง วัฒนสินธ, อัจฉรา จันทร์ฉาย และ ประกอบ คุปรัตน์. (2553). “นวัตกรรมความหมายประเภทและความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ.”**วารสารบริหารธุรกิจ**, 33(128), 49-65.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธณ์. (2537). **เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สวียา สุรมณี, ธรัช อารีราษฎร และ วรปภา อารีราษฎร์. “รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยอาศัยสถานการณ์จำลอง วิชาเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา Teaching- Learning Model Based upon Constructivist Theort by Simulation Technique on Computer Network for Education, 10(พิเศษ), 940-956.

สาลิกา สำเภาทอง. (2554). “การพัฒนากิจกรรมพัฒนาผู้เรียน เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ของเล่นพื้นบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.”**ศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร**, 2(2), 245-258.

สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564).** กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการกระทรวงศึกษาธิการ. (2559). **แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564)**. กรุงเทพ: ม.ป.พ.

สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์. (2548). **การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ**. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์.

อารี พันธ์มณี. (2537). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ แกรมมี่.

อุไรวรรณ ศรีธิวงค์. (2559). http://kruoiysmarteng.blogspot.com/2016/08/constructionism-seymour- papert.html. [online]. เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2561.

http://theory-tishafan.blogspot.com/p/constructionism.html. [online] เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2561.

http://52e186001ee.blogspot.com/p/constructivism.html. [online]. เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2561.

De Cecco, J. P. (1968). **The Psychology of Learning and Instruction**. New Jersey: Prentice-Hall.

Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (1996). Constructivism: Implication for the Design and Delivery of Instruction. In D. H. Jonassen (Ed.), **Hand book of Research for Educational Communications and Technology** (pp. 170-195). New York: Macmillan Library Reference USA.

Guilford, J. P. (1956). **Structure of Intellect Psychological**. New York: McGraw-Hill Book.

Co. Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). “eyond big and little: The four C model of creativity.”**Review of General Psychology**, 13(1).

Tomlinson, C. A. (2000). **Differentiation of instruction in the elementary grades. Eric Digest. Eric Clearinghouse on Elementary and Early Childhood Education**. [Online]. Available from http://education.ky.gov/educational/diff/Documents/tomlin00.pdf.

Torrance, E. P., & Myers, R. E. (1962). **Creative Learning and Teaching**. New York: Good, Mead and Company.

Wallach, M. A., & Nathan, K. (1965). **Model of Thinking in Young Children**. New York: Holt, Rinehartandwinston.

National Research Council. (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education**. Washington, DC: National Academy Press.

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics**. Portsmouth, NH: Heinemann.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

.....

1. ผศ.ดร. รุจิราพร รามศิริ	ตำแหน่งอาจารย์โรงเรียนสาธิตแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรวิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์
2. ดร. พีชญาณ์ พานะกิจ	ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนวัดราษฎร์รังสรรค์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์/สะเต็มศึกษา
3. ผศ.ดร.ยุวรี ญาณปรีชาเศรษฐ	ตำแหน่งอาจารย์ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข

หนังสือขอเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ

หนังสือขอทดลองเครื่องมือวิจัย และ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูล

ที่ ศธ 6806 (มส)/ 2893

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

3 เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุจิราพร รามศิริ

ด้วย นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ รหัสประจำตัว 59253404 นักศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อธิกมาส มากจุ้ย)
รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย
รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790

ที่ ศธ 6806 (๑๕)/2894

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

3 เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.พีชญาณ์ พานะกิจ

ด้วย นางสาวชัญญารัตน์ รัตนหิรัญ รหัสประจำตัว 59253404 นักศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อธิกมาส มากผุย)
รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย
รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร โทร.034-218790
ที่ ศธ 6806(๑๓)/2892 วันที่ 3 เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรี ญาณปรีชาเศรษฐ

ด้วย นางสาวชัญญารัตน์ รัตนหิรัญ รหัสประจำตัว 59253404 นักศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 "

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร มีความประสงค์ขอเรียนเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัยให้กับนักศึกษาดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

(อาจารย์ ดร.อธิกมาส มากจุ้ย)
รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย
รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว 8606 (๓๑)/7367

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

13 สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

ด้วย นางสาวธัญญ่ารัตน์ รัตนหิรัญ รหัสประจำตัว 59253404 นักศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 " มีความประสงค์จะขอเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนของท่าน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดแจ้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทราบ เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้แก่นักศึกษาดังกล่าวด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อธิกมาส มากจุ้ย)
รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย
รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790

ที่ อว 8606(มส)/ว366

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พระราชวังสนามจันทร์
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

13 สิงหาคม 2562

เรื่อง ขอทดลองเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดดอนมะโนรา(รังสิยานุกูล)

ด้วย นางสาวชัญญารัตน์ รัตนหิรัญ รหัสประจำตัว 59253404 นักศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" มีความประสงค์จะขอทดลองเครื่องมือวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนของท่าน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นักศึกษาดังกล่าวได้ทดลองเครื่องมือวิจัยด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อธิกมาส มากอุ้ย)
รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ฝ่ายวิชาการและวิจัย
รักษาการแทน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย
นครปฐม โทร.034-218790

ภาคผนวก ค
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
และผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 1

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			∑R	IOC	ความสอดคล้อง
	1	2	3			
มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด						
1.1 มาตรฐานการเรียนรู้เป็นไปตามหลักสูตร	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
1.2 ตัวชี้วัดสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระการเรียนรู้						
4.1 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ทักษะกระบวนการ						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
คุณลักษณะอันพึงประสงค์						
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ชิ้นงาน/ภาระงาน						
8.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.1 สอดคล้องในขั้นการระบุปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.2 สอดคล้องในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.3 สอดคล้องในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.4 สอดคล้องในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.5 สอดคล้องในขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.6 สอดคล้องในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา/ผลของชิ้นงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้						
10.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
การวัดและประเมินผล						
11.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 2

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			∑R	IOC	ความสอดคล้อง
	1	2	3			
มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด						
1.1 มาตรฐานการเรียนรู้เป็นไปตามหลักสูตร	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
1.2 ตัวชี้วัดสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระการเรียนรู้						
4.1 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ทักษะกระบวนการ						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
คุณลักษณะอันพึงประสงค์						
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ชิ้นงาน/ภาระงาน						
8.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.1 สอดคล้องในขั้นการระบุปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.2 สอดคล้องในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.3 สอดคล้องในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.4 สอดคล้องในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.5 สอดคล้องในขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.6 สอดคล้องในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา/ผลของชิ้นงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้						
10.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
การวัดและประเมินผล						
11.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 3

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			∑R	IOC	ความสอดคล้อง
	1	2	3			
มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด						
1.1 มาตรฐานการเรียนรู้เป็นไปตามหลักสูตร	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
1.2 ตัวชี้วัดสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระการเรียนรู้						
4.1 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ทักษะกระบวนการ						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
คุณลักษณะอันพึงประสงค์						
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ชิ้นงาน/ภาระงาน						
8.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.1 สอดคล้องในขั้นการระบุปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.2 สอดคล้องในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.3 สอดคล้องในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.4 สอดคล้องในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.5 สอดคล้องในขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.6 สอดคล้องในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา/ผลของชิ้นงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้						
10.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
การวัดและประเมินผล						
11.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน แผนที่ 4

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			∑R	IOC	ความสอดคล้อง
	1	2	3			
มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด						
1.1 มาตรฐานการเรียนรู้เป็นไปตามหลักสูตร	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
1.2 ตัวชี้วัดสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สาระการเรียนรู้						
4.1 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ทักษะกระบวนการ						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
คุณลักษณะอันพึงประสงค์						
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ชิ้นงาน/ภาระงาน						
8.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.1 สอดคล้องในขั้นการระบุปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.2 สอดคล้องในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิด	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.3 สอดคล้องในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.4 สอดคล้องในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
9.5 สอดคล้องในขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
กระบวนการจัดการเรียนรู้						
9.6 สอดคล้องในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา/ผลของชิ้นงาน	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้						
10.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
การวัดและประเมินผล						
11.1 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้องของส่วนประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน จำนวน 4 แผน

รายการประเมิน	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**∑R**	**IOC**	**ความสอดคล้อง**
	1	**2**	**3**			
1. ความสอดคล้องของส่วนประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2. ความสอดคล้องของส่วนประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3. ความสอดคล้องของส่วนประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4. ความสอดคล้องของส่วนประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตัวชี้วัด	ข้อ	ประเภท	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			∑R	IOC	ความสอดคล้อง
			1	2	3			
ว 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูลและคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ Q = mcΔt และ Q=ml ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอเมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิของสาร	1	ความรู้/ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	2	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	3	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	4	การวิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	5	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	6	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	7	ความรู้/ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	8	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	9	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	10	การวิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	11	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	12	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ว 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องขากได้รับหรือสูญเสียความร้อน ว 2.3 ม.1/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความร้อนของการหดหรือขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	13	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	14	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	15	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	16	สร้างสรรค์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	17	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	18	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	19	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	20	สร้างสรรค์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ข้อ	ประเภท	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ΣR	IOC	ความสอดคล้อง
			1	2	3			
ว 2.3 ม.1/5 วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนใช้สมการ $Q_{สูญเสีย} = Q_{ได้รับ}$	21	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	22	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	23	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	24	การวิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	25	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	26	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	27	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	28	ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	29	การวิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	30	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
ว 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสี ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบ เลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน	31	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	32	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	33	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	34	การวิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	35	สร้างสรรค์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	36	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	37	ประยุกต์ใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	38	เข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	39	การวิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
	40	สร้างสรรค์	+1	+1	0	+2	0.67	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

รายการประเมิน	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**∑R**	**IOC**	**ความสอดคล้อง**
	1	**2**	**3**			
1. การตั้งสมมติฐาน 1.1 คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 2.1 กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 3.1 การกำหนดตัวแปร - ตัวแปรต้น - ตัวแปรตาม - ตัวแปรควบคุม	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4. การทดลอง 4.1 ความสามารถในการออกแบบ	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4.2 การบันทึกผล	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
5. การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป 5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

รายการประเมิน	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**∑R**	**IOC**	**ความสอดคล้อง**
	1	**2**	**3**			
1. ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน (novelty) 1.1 ด้านผลงานมีการออกแบบอย่างสร้างสรรค์ ผลงานมีความแปลกใหม่	+1	0	+1	+2	0.67	มีความสอดคล้อง
2. ด้านการแก้ปัญหา (resolution) 2.1 ด้านการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานได้เหมาะสม คุ้มค่า	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
2.2 ด้านแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์(STEM)	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3. ด้านการใช้ประโยชน์ (useful) 3.1 ด้านผลงานสามารถตอบสนองต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
3.2 ด้านความปลอดภัยและความสะดวกในงานใช้งาน	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4. ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis) 4.1 ด้านความสวยงาม	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง
4.2 ด้านการตกแต่งเพิ่มเติม	+1	+1	+1	+3	1.00	มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 25 แสดงผลการวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	P	r	สรุปผล	ข้อที่	P	r	สรุปผล
1	0.57	0.43	เลือกใช้	21	0.67	0.57	เลือกใช้
2	0.67	0.40	เลือกใช้	22	0.47	0.30	เลือกใช้
3	0.67	0.23	ตัดทิ้ง	23	0.37	0.33	เลือกใช้
4	0.70	0.44	เลือกใช้	24	0.50	0.34	เลือกใช้
5	0.57	0.09	ตัดทิ้ง	25	0.37	0.33	เลือกใช้
6	0.53	0.39	เลือกใช้	26	0.50	0.17	ตัดทิ้ง
7	0.63	0.18	ตัดทิ้ง	27	0.37	0.50	เลือกใช้
8	0.57	0.26	ตัดทิ้ง	28	0.47	0.13	ตัดทิ้ง
9	0.57	0.43	เลือกใช้	29	0.60	0.48	เลือกใช้
10	0.67	0.57	เลือกใช้	30	0.33	0.11	ตัดทิ้ง
11	0.53	0.56	เลือกใช้	31	0.57	0.43	เลือกใช้
12	0.60	0.14	ตัดทิ้ง	32	0.67	0.57	เลือกใช้
13	0.57	0.26	ตัดทิ้ง	33	0.60	0.65	เลือกใช้
14	0.63	0.18	ตัดทิ้ง	34	0.63	0.52	เลือกใช้
15	0.53	0.39	เลือกใช้	35	0.30	0.34	ตัดทิ้ง
16	0.63	0.18	ตัดทิ้ง	36	0.57	0.43	เลือกใช้
17	0.63	0.35	เลือกใช้	37	0.67	0.57	เลือกใช้
18	0.53	0.39	เลือกใช้	38	0.57	0.43	เลือกใช้
19	0.67	0.40	เลือกใช้	39	0.47	0.64	เลือกใช้
20	0.57	0.26	ตัดทิ้ง	40	0.30	0.24	ตัดทิ้ง

ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.37 – 0.70 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.65

คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Reliability) วิเคราะห์โดยใช้วิธีของคูเดอร์– ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) จากสูตร KR- 20 (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555: 182) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$r_{tt} = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1-\frac{\sum pq}{s^2}\right)$$

$$r_{tt} = \frac{40}{40-1}\left(1-\frac{14.50}{9.81}\right)$$

$$r_{tt} = 0.78$$

ดังนั้น ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่า 0.78

จากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล) เพื่อหาความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตรงตามตัวชี้วัด ได้จำนวน 20 ข้อ ได้แก่ข้อ 1,2,4,6,9,10,11,15,17,18,21,22,23,24,27,31,33,36,38,39

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 22 คน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pretest	12.91	22	1.109	.236
	posttest	16.86	22	.834	.178

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pretest - posttest	-3.955	1.397	.298	-4.574	-3.335	-13.282	21	.000

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนที่ 1-4

คนที่	รายการประเมิน						$\overline{x}$	S.D.
	1. การตั้งสมติฐาน 1.1 คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า	2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 2.2 กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง	3. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 3.1 การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม	4. การทดลอง 4.1 ความสามารถในการออกแบบ	4.2 การบันทึกผล	5. การตีความหมายของ ข้อมูลและลงข้อสรุป 5.1 สรุปและวิเคราะห์ผล		
1	16	15	13	13	13	14	14.00	1.26
2	15	12	11	13	12	13	12.67	1.37
4	15	14	15	14	12	16	14.33	1.37
5	16	16	15	13	13	16	14.83	1.47
6	15	14	13	15	12	14	13.87	1.17
7	15	13	16	12	14	14	14.00	1.41
8	16	15	14	14	13	14	14.33	1.03
9	16	16	15	12	13	16	14.67	1.75
10	11	15	12	13	12	15	13.00	1.76
11	15	15	15	14	14	13	14.33	0.82
12	16	13	15	13	13	16	14.50	1.38
13	15	16	15	13	13	15	14.50	1.22
14	15	15	14	12	13	15	14.00	1.26
15	17	16	15	12	14	16	15.00	1.79
16	14	16	16	12	13	14	14.17	1.60
17	14	16	14	15	13	17	14.83	1.47
18	15	14	14	12	13	14	13.67	1.03
19	17	15	13	12	14	15	14.33	1.75
20	15	15	15	12	12	16	14.17	1.72
21	16	15	15	13	13	12	14.00	1.55
22	15	13	13	13	13	15	13.67	1.03
$\overline{x}$	15.13	14.55	14.18	13.05	12.95	14.68		
S.D.	1.41	1.41	1.26	1.00	0.65	1.29		

ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เรื่อง ความร้อน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลงานสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนที่ 1-4

กลุ่มที่/คนที่		รายการประเมิน							รวม	ระดับ	$\bar{x}$	S.D.
		11.1 ด้านผลงานมีการออกแบบอย่างสร้างสรรค์ ผลงานมีความแปลกใหม่	2.1 ด้านการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานได้เหมาะสม คุ้มค่า	2.2 ด้านแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM)	3.1 ด้านผลงานสามารถตอบสนองต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	3.2 ด้านความปลอดภัยและความสะดวกในงานใช้งาน	4.1 ด้านความสวยงาม	4.2 ด้านการตกแต่งเพิ่มเติม				
กลุ่มที่ 1	1	11	12	11	10	12	10	8	74	ดี	10.57	1.40
	2	9	11	10	9	10	12	12	73	ดี	10.43	1.27
	3	11	12	11	12	11	8	8	73	ดี	10.43	1.72
	4	9	12	11	10	10	8	12	72	ดี	10.29	1.50
	5	11	12	11	11	10	12	8	73	ดี	10.43	1.27
กลุ่มที่ 2	1	10	12	10	11	11	9	12	74	ดี	10.57	1.40
	2	11	12	10	11	9	12	9	71	ดี	10.14	1.21
	3	10	11	9	11	11	8	12	72	ดี	10.29	1.38
	4	11	11	11	11	12	12	8	74	ดี	10.57	1.27
กลุ่มที่ 3	1	11	12	10	11	11	8	12	78	ดี	11.14	0.69
	2	11	12	11	11	11	12	8	73	ดี	10.43	1.40
	3	10	12	8	10	12	8	12	75	ดี	10.71	1.50
	4	11	12	10	11	12	10	8	73	ดี	10.43	1.51
กลุ่มที่ 4	1	11	11	10	11	11	8	10	74	ดี	10.57	0.53
	2	10	11	9	9	12	12	8	70	ดี	10.00	1.41
	3	9	12	12	11	12	10	12	76	ดี	10.86	1.68
	4	9	11	11	12	12	10	10	75	ดี	10.71	1.11
	5	10	12	11	10	12	10	10	76	ดี	10.86	0.90
กลุ่มที่ 5	1	11	12	11	11	12	10	11	78	ดี	11.14	0.69
	2	11	11	11	11	12	9	9	74	ดี	10.57	1.13
	3	9	12	11	11	11	11	12	77	ดี	11.00	1.00
	4	10	11	12	11	12	11	8	75	ดี	10.71	1.38
$\bar{x}$		2.57	2.91	2.63	2.68	2.82	2.43	2.49				
S.D.		0.83	0.49	0.96	0.77	0.88	1.24	1.79				

ภาคผนวก จ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1
เรื่อง ความร้อนกับอุณหภูมิและการถ่ายโอนความร้อน เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
ครูผู้สอน นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 : เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัด อุณหภูมิของ สสาร

ว. 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน

ว. 2.3 ม.1/7 ออกแบบเลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน

ว. 4.2 ม.1/4 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย ใช้สื่อและแหล่งข้อมูลตามข้อกำหนดและข้อตกลง

2. สาระสำคัญ (Concept)

พลังงานความร้อนเป็นพลังงานที่มีการถ่ายเทจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิต่ำ การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ระดับความร้อนในเนื้อวัตถุเรียกว่า อุณหภูมิสามารถวัดได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

3. สาระการเรียนรู้

อธิบายว่าอุณหภูมิเป็นระดับความร้อนของวัตถุวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ(เทอร์มอมิเตอร์)อย่างถูกต้อง สามารถแยกแยะความแตกต่างของการถ่ายโอนความร้อนซึ่งมีสามวิธี คือ การนำความร้อนการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของโมเลกุล การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปด้วยการแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนไปใช้ประโยชน์ ใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและสามารถสร้างชิ้นงานโดยนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนมาประยุกต์ใช้ด้วยการทำงานร่วมมือกันอย่างเป็นระบบ

4. สาระการเรียนรู้ STEM

ออกแบบบ้านเอสกิโมที่สามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกมาสู่ภายในตัวบ้านได้มากที่สุด

5. จุดประสงค์การเรียนรู้(K+P+A)

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เทอร์มอมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนและนำความรู้มาใช้ในการออกแบบบ้านเอสกิโม

3. เพื่อให้ผู้เรียนได้ออกแบบสร้างบ้านอย่างอิสระ พร้อมวาดภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ประกอบ

6. ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบงานกิจกรรมที่ 1 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

2. ใบงานกิจกรรมที่ 2 การถ่ายโอนความร้อนของช้อนโลหะและช้อนพลาสติก

3. ใบงานกิจกรรมที่ 3 อากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รัวสีความร้อน

4. ชิ้นงานที่ 1 บ้านเอสกิโม

7. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

การเตรียมการล่วงหน้าให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 4-5 คน (แบ่งกลุ่มคละความสามารถ) พร้อมตั้งชื่อกลุ่ม

ชั่วโมงที่ 1 -2

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการให้นักเรียนดูวิดิทัศน์เกี่ยวกับน้ำแข็งขั้วโลกละลาย เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ เชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนและป้อนความรู้ใหม่ โดยใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนเพื่อเข้าสู่กิจกรรม

ครูถามนักเรียนว่า : จากการดูวิดิทัศน์นี้นักเรียนคิดว่า ภาวะโลกร้อนคืออะไร (**แนวคำตอบ** : คือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศใกล้พื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรตั้งแต่ช่วงครึ่งหลังของคริสต์ศตวรรษที่ 20 และมีการคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง)

ครูถามนักเรียนว่า : ผลกระทบที่เกิดจากภาวะโลกร้อนที่มีต่อที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในขั้วโลกมีอะไรบ้าง (**แนวคำตอบ** : ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิทั่วโลกสูงขึ้นจากการขยายตัวทางความร้อนของน้ำในมหาสมุทร ,ก๊าซเรือนกระจก ,ป่าที่กำลังตาย เกิดความแห้งแล้งทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดน้ำท่วมจากแม่น้ำเพิ่มขึ้นในพื้นที่ส่วนมากของทวีปยุโรป และตามพื้นที่ชายฝั่งจะเสี่ยงต่อน้ำท่วม ฯลฯ

ครูถามนักเรียนว่า : จากการดูวิดิทัศน์ถ้านักเรียนต้องอาศัยอยู่ในขั้วโลกเหนือแบบชนเผ่าเอสกิโม นักเรียนจะออกแบบบ้านอย่างไร และนักเรียนคิดว่าภายในบ้านต้องใช้หลักการใดเพื่อให้มนุษย์อาศัยอยู่ได้ (**แนวคำตอบ** : ออกแบบโดยใช้ก้อนหิมะอัดแน่นจนเป็นน้ำแข็ง ตัดออกมาให้เป็นรูปร่างคล้ายอิฐขนาดใหญ่นำไปเรียงให้เป็นวงกลม เมื่อวางจนสูงขึ้นพอเห็นเค้าโครงว่าเป็นโดมแล้ว จึงค่อยสร้างส่วนที่เป็นหลังคาครอบลงไป ใช้หลักการการถ่ายโอนความร้อน)

2. ทดสอบก่อนเรียนเพื่อเก็บคะแนนนักเรียน

3. ครูเกริ่นนำเรื่อง พลังงาน สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ พลังงานที่ใช้แล้วหมดไปได้แก่ น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหินและพลังงานที่ใช้แล้วไม่มีหมดไปหรือพลังงานทดแทน ได้แก่ ก๊าซชีวภาพซึ่งได้จากการหมักมูลสัตว์ แก๊สโซฮอลล์ พลังงานน้ำ พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ นักเรียนจะสังเกตได้ว่าพลังงานที่เราใช้ประโยชน์มากที่สุดนั้นอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน ซึ่งแหล่งพลังงานความร้อนที่มหาศาลที่สุด คือดวงอาทิตย์เราใช้พลังงานความร้อนอย่างไรบ้างให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ตอบมากลุ่มละ 1 ข้อโดยไม่ซ้ำกัน (**แนวคำตอบ** : เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานแสง การตากแห้งอาหาร การอบ เครื่องทำน้ำอุ่น เตาอบ ฯลฯ)

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (100 นาที)

- ครูแจกใบความรู้เรื่อง ความร้อนกับอุณหภูมิให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษา

- นักเรียนทำกิจกรรมโดยศึกษาจากใบความรู้ ให้แต่ละกลุ่มสัมผัสที่แก้วน้ำแข็งแล้วเอามือไปจับที่แขนเพื่อนและนักเรียนอีกคนที่ไม่ได้จับแก้วน้ำแข็งจับแขนเพื่อนคนเดียวกัน จากนั้นครูถามนักเรียนทั้งสองคนว่าแขนเพื่อนร้อนหรือเย็นตอบจากความรู้สึก (**แนวตอบ** : นักเรียนที่เอามือจับน้ำแข็งจะตอบว่าเย็น เนื่องจากความรู้สึกของเราไม่สามารถบอกอุณหภูมิที่แม่นยำได้ จากการทดลองนักเรียนทั้งสองคนจับแขนเพื่อนคนเดียวกันแต่ตอบแตกต่างกัน)

- ครูถามนักเรียนว่าเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดาและแบบวัดไข้ และถามนักเรียนว่าเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองแบบนี้มีความแตกต่างกันอย่างไร โดยถืออุปกรณ์ไว้ในมือ

(**แนวคำตอบ** : นักเรียนตอบว่าเทอร์มิเตอร์ทั้งสองมีการใช้งานแตกต่างกันแบบวัดไข้ใช้วัดอุณหภูมิของร่างกายแต่แบบธรรมดาใช้วัดอุณหภูมิของสารทั่ว ๆ ไป)

- นักเรียนศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากการศึกษาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับเทอร์มอมิเตอร์ เช่น เทอร์มิเตอร์อาศัยหลักการขยายตัวของสารที่เมื่อได้รับความร้อนก็จะขยายตัวและหดตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา มี 2 แบบ คือแบบใช้แอลกอฮอล์กับแบบใช้ปรอท

- นักเรียนแต่ละกลุ่มลองวัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์

1. จุ่มเทอร์มอมิเตอร์ในของเหลวที่ต้องการวัด โดยให้แท่งเทอร์มอมิเตอร์อยู่ในแนวดิ่ง

2. ให้กระเปาะของเทอร์มอมิเตอร์จุ่มอยู่ในของเหลวโดยไม่ให้ตัวกระเปาะสัมผัสกับภาชนะที่ใช้บรรจุ

3. ในการอ่านค่าของอุณหภูมิต้องรอให้ระดับของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์มีการขยายตัว หรือหดตัวคงที่เสียก่อน และอ่านเทอร์มอมิเตอร์โดยให้ระดับของเหลวตรงกับระดับสายตา

- ครูเสริมความรู้นักเรียนในเรื่องหน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดและการเปลี่ยนหน่วย จากนั้นให้นักเรียนทำใบงาน

- นักเรียนศึกษาจากใบความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนดังนี้

ความร้อนสามารถถ่ายเทจากอุณหภูมิสูงไปต่ำได้เรียกว่าการถ่ายโอนความร้อน มี 3 วิธี ด้วยกัน คือการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน

การนำความร้อน ในกระบวนการนำความร้อน (Conduction) ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากโมเลกุลหนึ่งของสสารไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งโดยที่สสารนั้นไม่เคลื่อนที่ตัวอย่างเช่น ช้อนโลหะวางอยู่บนถาดโลหะตั้งอยู่บนเตาไฟฟ้าโมเลกุลของขวดลวดไฟฟ้าจะสั่นมากขึ้นและเคลื่อนที่เข้าชนโมเลกุลที่อยู่ติดกันเมื่อได้รับความร้อนทำให้โมเลกุลที่อยู่ติดกันสั่นและจะสั่นต่อเนื่องกันไปจากโมเลกุลของขดลวดไปยังโมเลกุลของถาดโลหะไปยังโมเลกุลของน้ำสั่นไปจนชนกับโมเลกุลของช้อนโลหะจนกระทั่งความร้อนทั่วช้อน

ตัวนำความร้อน คือวัตถุที่ยอมให้ความร้อนผ่าน ได้แก่โลหะและแกรไฟต์โลหะที่นำความร้อนได้ดีที่สุด คือเงิน(โลหะนำความร้อนได้ดีเพราะมีอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ผ่านโลหะและส่งผ่านพลังงานได้เร็วกว่า) ของแข็งนำความร้อน ๆ ได้ดีที่สุด ของเหลวส่วนมากเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีและแก๊สทุกชนิดเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีที่สุด เช่น อากาศนิ่งที่แทรกอยู่ในผ้าขนสัตว์จะเป็นฉนวนความร้อนที่ช่วยกั้นความร้อนไว้

ฉนวนความร้อน คือวัตถุที่ไม่ยอมให้ความร้อนผ่าน หรือผ่านได้เพียงเล็กน้อยเช่น ไม้พลาสติกยาง (ฉนวนไม่มีอิเล็กตรอนอิสระจึงไม่นำความร้อน)

การพาความร้อน (Convection) สังเกตน้ำในหม้อต้มบนเตาไฟ จะเห็นว่าเมื่อน้ำได้รับความร้อนน้ำ

บริเวณก้นหม้อจะร้อนก่อนและน้ำที่ก้นนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นมาด้านบนของหม้อเพราะโมเลกุลของของเหลว (และแก๊ส) เมื่อได้รับความร้อนโมเลกุลจะสั่นและจะอยู่ห่างกันมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นลดลงโมเลกุลที่ได้รับความร้อนนี้จะลอยตัวขึ้นและพาความร้อนไปด้วยโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงจะเคลื่อนที่เข้าแทนที่การถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปลักษณะนี้เรียกว่าการพาความร้อน (Convection current) จะเห็นว่าการนำความร้อนและการพาความร้อนจะมีตัวกลางให้พลังงานความร้อนที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้แต่พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่งมาถึงโลกได้อย่างไร

การแผ่รังสี (Rediation) นักวิทยาศาสตร์พบว่า ดวงอาทิตย์จะกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปโดยรอบโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางการเคลื่อนที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยคลื่นชนิดต่าง ๆ มากมายเช่น รังสีแกมมารังสีอัลตราไวโอเลต คลื่นวิทยุและรังสีอินฟาเรด ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดรังสีอินฟาเรดที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะรังสีอินฟาเรดนี้จะสามารถทะลุผ่านเมฆหมอกได้เมื่อมาถึงโลกจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้โดยตรงความร้อนที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์จึงเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกการถ่ายโอนความร้อนในลักษณะนี้ว่าการแผ่รังสี

- นักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง เรื่องการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้โดยการสักถามและตั้งคำถาม

- นักเรียนศึกษาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ต่อไปนี้ เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้ข้างต้น

สถานการณ์ที่ 1 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ (10 นาที)

1. นักเรียนศึกษาสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ตามใบกิจกรรมที่ 1 และบันทึกผลการทดลองในใบบันทึกกิจกรรมที่ 1

2. นักเรียนร่วมอภิปรายความรู้เกี่ยวกับความเป็นฉนวนและสรุปผลการทดลองว่า วัสดุชนิดใดที่สามารถรักษาความเย็นของน้ำอัดลมในกระป๋องจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

สถานการณ์ที่ 2 การถ่ายโอนความร้อนของช้อนโลหะและช้อนพลาสติก (5 นาที)

1. นักเรียนศึกษาการถ่ายโอนความร้อนของช้อนโลหะและช้อนพลาสติก ตามใบกิจกรรมที่ 2 และบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรมที่ 2

2. นักเรียนร่วมอภิปรายความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนและตอบคำถามหลังการทดลองดังนี้

- วัสดุที่เป็นโลหะสัมผัสแล้วรู้สึกเป็นอย่างไร
- ช้อนคันใดที่ทำให้น้ำแข็งละลายได้เร็วกว่า
- คำนวณหามวลของน้ำแข็ง

สถานการณ์ที่ 3 อากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รังสีความร้อน (10 นาที)

1. นักเรียนศึกษาอากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รังสีความร้อน ตามใบกิจกรรมที่ 3 และบันทึกการทดลองในใบกิจกรรมที่ 3

2. นักเรียนร่วมอภิปรายความรู้เกี่ยวกับอากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รังสีความร้อน

2.1 ระหว่างบริเวณชั้นบนและบริเวณชั้นล่างบริเวณใดมีอากาศร้อนกว่ากัน

2.2 วัสดุมันวาวจะดูดซับความร้อนได้ดีหรือไม่

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. ครูชี้แจงรายละเอียดกิจกรรมการออกแบบสร้างบ้านเอสกิโม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยายามให้บ้านเอสกิโมที่สร้างขึ้นมาสามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกมาสู่ภายในบ้านให้ได้มากที่สุด กำหนดให้นักเรียนใช้กระบวนการจากสถานการณ์ทั้ง 3 สถานการณ์ ในการสร้างบ้านเอสกิโม โดยคำนึงถึงบ้านเอสกิโมที่สร้างขึ้นมาสามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกมาสู่ภายในตัวบ้านให้ได้มากที่สุด โดยที่ครูกำหนดวัสดุ ราคาวัสดุและงบประมาณเพื่อเป็นเงื่อนไขการเรียนรู้

2. ครูปล่อยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้อภิปราย, ออกแบบอย่างอิสระและให้นักเรียนคาดการณ์คำตอบล่วงหน้า, กำหนดตัวแปรต้นตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

3. ครูสังเกตให้คำแนะนำ ตอบคำถาม หรือถามคำถาม เพื่อกระตุ้นให้แต่ละกลุ่มได้พิจารณา

4.ให้นักเรียนวาดแสดงส่วนต่าง ๆ พร้อมคำอธิบายสั้น ๆ ของส่วนนั้น ๆ ของบ้านว่าใช้หลักการอะไร มีความสำคัญอย่างไรพร้อมกับตั้งชื่อบ้านนกแพนกวิน

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (25 นาที)

1. นักเรียนออกมารับอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้

2. นักเรียนสร้างบ้านเอสกิโมตามที่ได้ออกแบบไว้

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้น (25 นาที)

1. เมื่อสร้างบ้านเอสกิโมเสร็จแล้ว ให้แต่ละกลุ่มตรวจสอบและทำการทดลองโดยการให้นำบ้านที่สร้างเสร็จและนำก้อนน้ำแข็งที่จะใช้แทนคนมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง เพื่อหามวลเริ่มต้นและบันทึกผล จากนั้นให้นำน้ำแข็งใส่เข้าไปในบ้าน ก่อนจะนำไปวางไว้ในกล่องที่ครูจัดเตรียมไว้ให้โดยการนำไปวางต้องเป็นการปฏิบัติที่พร้อมเพรียงกันทุกกลุ่ม

2. หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 20 - 30 นาที ให้แต่ละกลุ่มนำน้ำแข็งที่อยู่ในบ้านมาชั่งเพื่อหาค่ามวลที่เหลืออยู่ครูให้ผู้เรียนได้ลองใช้หลักการทางพีชคณิตคำนวณหาค่ามวลของน้ำแข็งที่ละลายไปของแต่ละกลุ่ม จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับมวลเริ่มต้น เพื่อหาว่ากลุ่มใดที่สามารถสร้างบ้านเอสกิโมที่รักษาความเย็นได้ดีที่สุดและประกาศให้กลุ่มนั้นเป็นผู้ชนะเลิศ (การเปรียบเทียบมวลน้ำแข็งที่ละลายไปกับมวลน้ำแข็งเริ่มต้นอาจให้ผู้เรียนคำนวณเป็นร้อยละ เพื่อเป็นการฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม)

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (10 นาที)

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลงานและอธิบายในประเด็นดังต่อไปนี้

- บ้านเอสกิโมของกลุ่มใดมีการถ่ายโอนความร้อนได้ดีที่สุด
- นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดเหมาะแก่การสร้างบ้านมากที่สุด

- นักเรียนจะปรับแก้ชิ้นงานให้ดีขึ้นอย่างไร

- ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินชิ้นงานของเพื่อนแต่ละกลุ่มโดยการให้นักเรียนแต่ละคนเขียนความรู้สึกถึงผลงานของเพื่อนและนำไปแปะไว้ที่ชิ้นงานของกลุ่มที่ตนเองชอบ

2. หลังจากทำกิจกรรมแล้วครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายความรู้เรื่อง ความร้อนกับอุณหภูมิและการถ่ายโอนความร้อน โดยครูถามคำถามจากเพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันว่า เวลาที่นักเรียนต้มไข่ทั้งฟอง แล้วนำไข่ที่ผ่านการต้มแล้วไปทำให้เย็นลงด้วยการนำไปวางไว้ในภาชนะที่ใส่น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นักเรียนคิดว่ามีกระบวนการใดที่ทำให้ไข่เย็นลงได้ (**แนวคำตอบ** : พลังงานความร้อนจากไข่ ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าถูกถ่ายโอนไปให้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า)

8. สื่อ/วัสดุอุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. ใบงานกิจกรรมที่ 1 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ
3. ใบงานกิจกรรมที่ 2 การถ่ายโอนความร้อนของช้อนโลหะและช้อนพลาสติก
4. ใบงานกิจกรรมที่ 3 อากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รังสีความร้อน
5. ชิ้นงานที่ 1 บ้านเอสกิโม
6. ชิ้นงาน
7. วิดิทัศน์
8. ห้องวิทยาศาสตร์
7. บทความวารสาร

8. การวัดผลประเมินผล

การวัดและประเมินผล	**วิธีการ**	**เครื่องมือ**
1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1. สังเกตการทำงานโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และร่องรอยการทำใบกิจกรรม	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	2. ตรวจชิ้นงาน	แบบประเมินความสามารถในการทำชิ้นงาน

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ที่ 1 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจการถ่ายโอนความร้อนได้
2. เพื่อให้นักเรียนบอกได้ว่าวัสดุชนิดใดที่สามารถถ่ายโอนความร้อนได้ดีที่สุด

วัสดุ/อุปกรณ์

1. กระป๋องน้ำอัดลม 5 กระป๋อง
2. ถุงเท้าผ้าขนสัตว์ (Wool Sock)
3. ถุงเท้าผ้าฝ้าย (Cotton Sock)
4. พลาสติกห่ออาหาร (Plastic Wrap)
5. อะลูมินัมฟรอยล์ (Aluminum foil)
6. กระดาษทิชชูอเนกประสงค์ (Paper tower)

วิธีการทดลอง

1. นำกระป๋องน้ำอัดลมทั้ง 5 กระป๋อง ที่ผ่านการแช่เย็นมาจากนั้นนำวัสดุที่กำหนดให้มาหุ้มกระป๋องทั้งหมด
2. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและสัมผัสว่าวัสดุไหนสามารถรักษาความเย็นได้ดีที่สุดและบันทึกผลการทดลอง

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่	วัสดุ	สมมติฐานการทดลอง	ผลการทดลอง
1	ถุงเท้าผ้าขนสัตว์ (Wool Sock)		
2	ถุงเท้าผ้าฝ้าย (Cotton Sock)		
3	พลาสติกห่ออาหาร (Plastic Wrap)		
4	อะลูมินัมฟรอยล์ (Aluminum foil)		
5	กระดาษทิชชูอเนกประสงค์ (Paper tower)		

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเรียงลำดับวัสดุที่สามารถรักษาความเย็นของน้ำอัดลมในกระป๋องจากมากไปหาน้อยที่สุด

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2

สถานการณ์ที่ 2 การถ่ายโอนความร้อนของช้อนโลหะและช้อนพลาสติก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจการนำความร้อน
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนได้

วัสดุ/อุปกรณ์

1. ช้อนโลหะ
2. ช้อนพลาสติก
3. ก้อนน้ำแข็ง
4. ภาชนะรองรับน้ำ

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งในกลุ่มใช้มือข้างหนึ่งถือช้อนโลหะ ส่วนมืออีกข้างหนึ่งใช้ถือช้อนพลาสติกไว้

2. จากนั้นนำน้ำแข็งสองก้อนที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมาวางลงบนช้อนทั้งสองคัน คันละหนึ่งก้อน

3. จัดให้ส่วนปลายช้อนอยู่เหนือภาชนะรองรับน้ำ เช่น กระดาษทิชชูอเนกประสงค์หรือแก้วพลาสติก

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่	วัสดุ	มวลน้ำแข็งก่อน(g)	มวลน้ำแข็งหลัง(g)	ผลการทดลอง
1	ช้อนโลหะ			
2	ช้อนพลาสติก			

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. วัสดุที่เป็นโลหะสัมผัสแล้วรู้สึกได้ว่า

.....

.....

2. ช้อนคันใดน้ำแข็งละลายได้เร็วกว่า

.....

3. คำนวลหามวลของน้ำแข็ง

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 3

สถานการณ์ที่ 3 อากาศร้อนภายในบ้านและการแผ่รังสีความร้อน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนอธิบายได้ว่าบริเวณใดที่มีอากาศร้อนกว่ากัน
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายการแผ่รังสีความร้อนได้

อุปกรณ์สำหรับทดสอบการแผ่รังสีความร้อน

1. บ้านจำลอง
2. โคมไฟ
3. อะลูมินัมฟรอยล์ (Aluminum foil)

กิจกรรมการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำโคมไฟส่องไปที่หลังคาบ้านจำลองเป็นเวลา 10 นาที และหลังจากนั้นนำบ้านมากลับด้านให้ด้านล่างของบ้านอยู่ด้านบน
2. ให้นักเรียนใช้มือใส่เข้าไปในบ้านและสัมผัสว่าบริเวณด้านบนหรือด้านล่างของบ้านมีอากาศร้อนมากกว่ากัน
3. จากนั้นให้นักเรียนหุ้มหลังคาบ้านจำลองด้วยอะลูมินัมฟรอยล์และใช้โคมไฟส่องไปที่หลังคาบ้าน
4. ใช้มือสัมผัสบริเวณบ้านด้านหลังอะลูมินัมฟรอยล์และบอกให้เพื่อนทราบว่ารู้สึกร้อนมากน้อยเพียงใด
5. บันทึกผลการทำกิจกรรม

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่	สถานที่/ บริเวณบ้าน	การส่องหลอดไฟ	หลังคาที่หุ้มด้วย อะลูมินัมฟรอยล์	ความรู้สึกที่สัมผัส
1	ชั้นบน			
2	ชั้นล่าง			

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระหว่างบริเวณชั้นบนและบริเวณชั้นล่างบริเวณใดมีอากาศร้อนกว่ากัน

.....

.....

2. วัสดุมันวาวจะดูดซับความร้อนได้ดีหรือไม่

.....

.....

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิจกรรมสร้างบ้านเอสกิโม

วัตถุประสงค์

เพื่อให้บ้านเอสกิโมที่สร้างขึ้นสามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในบ้านให้ได้มากที่สุด

วัสดุ/อุปกรณ์ในการสร้างบ้าน

1. กระดาษลัง 2. กระดาษแข็ง 3. ฟิวเจอร์บอรด์ 4. แผ่นโฟม
5. ไม้ไอศกรีม 6. พลาสติกกันกระแทกสำหรับห่อของขวัญ 7. สำลี

งบประมาณ

50,000 Science

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

เงื่อนไข

กำหนดให้นักเรียนใช้กระบวนการจากสถานการณ์ทั้ง 3 สถานการณ์ในการสร้างบ้านเอสกิโม โดยคำนึงถึงบ้านที่สร้างขึ้นมาสามารถป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกมาสู่ภายในตัวบ้านให้ได้มากที่สุด โดยเลือกวัสดุที่กำหนดให้โดยให้นักเรียนออกมาเลือกวัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างบ้านโดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องเลือกวัสดุในราคาและวงเงินที่กำหนดให้ จากนั้นให้นักเรียนทดสอบและนำเสนอผลงาน

บันทึกผลการทดลอง(ให้นักเรียนสร้างตารางบันทึกผล)

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1
เรื่อง ปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสารและสมดุลความร้อน เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
ครูผู้สอน นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 : เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว. 2.3 ม.1/1 วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูลและคำนวณปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะโดยใช้สมการ $Q = mc\Delta t$ และ $Q = mL$

ว 2.3 ม.1/2 ใช้เทอร์มอมิเตอร์ในการวัด อุณหภูมิของ สสาร

ว 2.3 ม.1/5 วิเคราะห์สถานการณ์การถ่ายโอนความร้อนและคำนวณปริมาณความร้อนที่ถ่านโอนระหว่างสสารจนเกิดสมดุลความร้อนใช้สมการ $Q_{\text{สูญเสีย}} = Q_{\text{ได้รับ}}$

2. สาระการเรียนรู้

สารต่าง ๆ อาจอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของสาร สารแต่ละชนิดจะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่างกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสาร การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร

อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ใช้บอกระดับพลังงานของระบบ ถ้านำวัตถุสองก้อนที่อุณหภูมิต่างกันมาสัมผัสกันก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จนกว่าอุณหภูมิของทั้งสองเท่ากัน กระบวนการถ่ายเทความร้อนจึงจะสิ้นสุดลง ณ จุดที่อุณหภูมิของวัตถุทั้งสองเท่ากัน เรียกว่า สมดุลความร้อน

3. สาระสำคัญ (Concept)

สารเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะ โดยคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารได้ด้วยสูตร $Q = mc\Delta t$ และคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารด้วยสูตร $Q=ml$

สมดุลความร้อนเกิดจากภาวะที่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่างกันสัมผัสกัน เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ จนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน จึงหยุดการถ่ายโอนความร้อน

4. สาระการเรียนรู้ STEM

ออกแบบการทำไอศกรีมหลอด

5. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K+P+A)

1. ผู้เรียนบอกปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารได้

2. ผู้เรียนสามารถคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนสถานะอุณหภูมิหรือสถานะของสารได้

3. ผู้เรียนทดลองและอธิบายการเกิดสมดุลความร้อนได้

4. เพื่อให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทำไอศกรีมหลอด

6. ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบงานกิจกรรมที่ 4 การเกิดสมดุลความร้อน

2. ชิ้นงานที่ 2 ไอศกรีมหลอด

7. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. ครูเกริ่นนำนักเรียนว่าจากเรื่อง สถานะของสารและการเปลี่ยนสถานะ ทำให้นักเรียนทราบว่า ความร้อนเป็นปัจจัยที่ทำให้สารเปลี่ยนสถานะ นักเรียนคิดว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารสามารถระบุค่าได้หรือไม่ “และนักเรียนรู้จักไอศกรีมโบราณหรือไอศครีมหลอดหรือไม่ นักเรียนคิดว่าเครื่องทำไอศกรีมหลอดมีการทำงานอย่างไรถึงสามารถทำให้เป็นไอศรีมหลอดได้โดยไม่ต้องใช้ตู้เย็น

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (100 นาที)

1. นักเรียนศึกษากราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ให้ความร้อนแก่สารกับอุณหภูมิของสารและการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของแก๊สขึ้นบนกระดาน

2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเรื่องกราฟความสัมพันธ์โดยให้นักเรียนสังเกตจุดที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิและจุดที่มีการเปลี่ยนสถานะ โดยถ้าเส้นกราฟมีความลาดชันจะเป็นช่วงที่สารได้รับความร้อนและมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ แต่เมื่อเส้นกราฟอยู่ในแนวระนาบจะเป็นช่วยที่สารได้รับความร้อนจนมีการเปลี่ยนสถานะ

3. ครูบอกนักเรียนว่าเราสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนและความร้อนแฝงของสารโดยใช้สูตร

4. นักเรียนศึกษาเรื่องสูตรการคำนวณและอธิบายเพิ่มเติม

5. นักเรียนใช้ MAC iLink เพื่อทำโจทย์คำนวณหาปริมาณความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.1 หน้า 132

6. ครูและนักเรียนร่วมกันให้ความหมายของคำต่อไปนี้

ปริมาณความร้อนคือ, ความจุความร้อนจำเพาะคือ, ความร้อนแฝงคือ, ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวคือ, ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอคือ, ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวคือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอคือ และร่วมกันสรุปองค์ความรู้ดังนี้ “สารเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะ โดยคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารด้วยสูตร $Q = mc\Delta t$ และคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารด้วยสูตร $Q = mL$”และยกตัวอย่างปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิและสถานะของสารเปลี่ยนที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

7. ครูถามนักเรียนว่า “ถ้านำน้ำเดือดที่อยู่ในหลอดทดลองแช่ลงในน้ำอุณหภูมิห้องที่อยู่ในบีกเกอร์ สุดท้ายแล้วน้ำทั้ง 2 อุณหภูมิจะมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร”

8. นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง สมดุลความร้อน โดยศึกษาวิธีการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองด้วยคำถามท้ายกิจกรรมและสรุปความรู้ดังนี้ “วัตถุจะถ่ายโอนความร้อนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ จนกว่าวัตถุทั้งสองจะมีอุณหภูมิเท่ากันจึงหยุดถ่ายโอนความร้อน เรียกสภาวะนี้ว่า สมดุลความร้อน”

9. ครูอธิบายการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนเมื่อเกิดสมดุลความร้อนจากตัวอย่างที่ 5 ในหนังสือเรียน วิทยาศาสตร์ ม.1 หน้า 137

10. นักเรียนทำใบงานเรื่องการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนเมื่อเกิดสมดุลความร้อน

11. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ดังนี้ “สมดุลความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากวัตถุที่มีความร้อนสูงให้กับวัตถุที่มีความร้อนต่ำกว่า จนอุณหภูมิของวัตถุทั้งสองเท่ากัน $Q_{เพิ่ม} = Q_{ลด}$

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. จากปัญหาข้างต้นที่ตั้งคำถามไว้ว่า นักเรียนรู้จักไอศกรีมโบราณหรือไม่ และมีหลักการทำงานอย่างไร โดยครูเปิดภาพประกอบหลังจากการตั้งคำถาม

2. ครูถามนักเรียนว่า ถ้าเราไม่มีอุปกรณ์ดังภาพเราจะมีวิธีการใดที่จะทำไอศกรีมโบราณ โดยครูให้นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการทำไอศกรีมโบราณ ครูสังเกตให้คำแนะนำ

3. นักเรียนวาดแสดงส่วนต่าง ๆ พร้อมคำอธิบายสั้น ๆ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (25 นาที)

1. นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำและสร้างผลงาน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้น (25 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานมาทดสอบและปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและวิธีการแก้ปัญหาจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินผลงานซึ่งกันและกัน

11. สื่อ/วัสดุอุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. ใบงานกิจกรรมที่ 4 การเกิดสมดุลความร้อน
3. ชิ้นงานที่ 2 ไอศกรีมหลอด
4. ห้องวิทยาศาสตร์

12. การวัดผลประเมินผล

การวัดและประเมินผล	วิธีการ	เครื่องมือ
1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1. สังเกตการทำงานโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร่องรอยการทำใบกิจกรรม	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	2. ตรวจชิ้นงาน	แบบประเมินความสามารถในการทำชิ้นงาน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ใบกิจกรรมที่ 4

กิจกรรมการทดลอง การเกิดสมดุลความร้อน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการเกิดสมดุลความร้อนและสามารถยกตัวอย่างสมดุลความร้อนในชีวิตประจำวันได้

วัสดุ/อุปกรณ์

1. เทอร์มอมิเตอร์
2. หลอดทดลอง
3. บีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. ขาตั้ง

วิธีการทดลอง

1. นำบีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่น้ำปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดอุณหภูมิและบันทึกผล
2. นำหลอดทดลองขนาดใหญ่ ใส่น้ำปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มจนน้ำเดือดและวัดอุณหภูมิ
3. นำหลอดทดลองที่บรรจุน้ำร้อนไปจุ่มในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำอุณหภูมิปกติ วัดอุณหภูมิในบีกเกอร์และในหลอดทดลองขนาดใหญ่ โดยอ่านอุณหภูมิทุก 1 นาที จนน้ำในภาชนะทั้งสองมีอุณหภูมิคงที่และบันทึกผล

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลอง	อุณหภูมิที่วัดได้ทุก 1 นาที (°C)											
	เริ่มต้น	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	.....
น้ำในบีกเกอร์												
น้ำในหลอดทดลอง												

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. น้ำในหลอดทดลองก่อนที่จะนำมาแช่ในบีกเกอร์มีอุณหภูมิเท่าไหร่

.....

.....

2. เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำในหลอดทดลอง ขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะสังเกตพบปริมาตรของน้ำเป็นอย่างไร

.....

.....

3. น้ำในบีกเกอร์ก่อนที่จะนำหลอดทดลองบรรจุน้ำร้อนมาแช่มีอุณหภูมิเท่าไหร่

.....

.....

4. เมื่อนำหลอดทดลองใส่น้ำร้อนมาแช่ในบีกเกอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในภาชนะทั้งสองอย่างไร

.....

.....

5. เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในภาชนะทั้งสองมีค่าความแตกต่างลดลงเพราะเหตุใด

.....

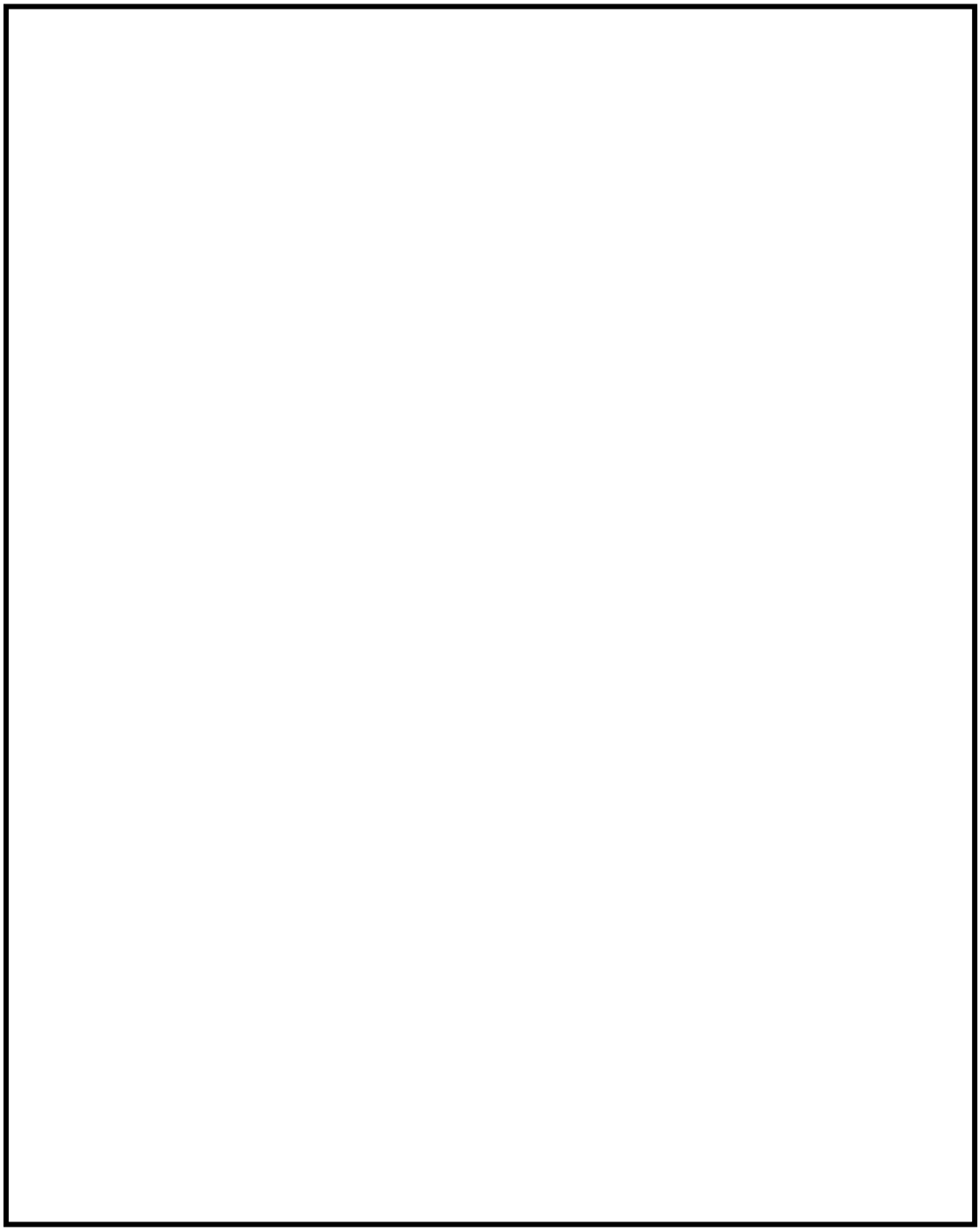
.....

6. เมื่อเวลาผ่านไป 8 นาที อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์กับน้ำในหลอดทดลองเป็นอย่างไรเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

กิจกรรมออกแบบไอศกรีมหลอด



คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

บันทึกผลการทดลอง (ให้นักเรียนสร้างตารางบันทึกผล)

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1
เรื่อง การดูดกลืนความร้อน การคายความร้อน ความร้อนกับการขยายตัว
และการหดตัวของวัตถุและประโยชน์ เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
ครูผู้สอน นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 : เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว. 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน

ว 2.3 ม.1/4 ตระหนักถึงประโยชน์ของความร้อนของการหดหรือขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบเลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน

2. สาระการเรียนรู้

การดูดกลืนและการคายความร้อน ประโยชน์ของการดูดกลืนและการคายความร้อน

การขยายและหดตัวเนื่องจากความร้อน ประโยชน์ของการขยายและหดตัวเนื่องจากความร้อน

3. สาระสำคัญ (Concept)

วัตถุสีเข้มดูดกลืนและคายรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าวัตถุสีอ่อน วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว และเมื่อวัตถุคายความร้อนจะหดตัว วัตถุต่างชนิดกันมีสมบัติการขยายและหดตัวต่างกัน

4. สาระการเรียนรู้ STEM

ออกแบบการดูดกลืนความร้อน คายความร้อน การขยายตัว การหดตัวของวัตถุ

5. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K+P+A)

1. ผู้เรียนออกแบบ เลือกใช้ และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนได้

2. ผู้เรียนสร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อนได้

3. ผู้เรียนตระหนักถึงประโยชน์ของความร้อนของการหดหรือขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้**6. ภาระงาน/ชิ้นงาน**

1. ใบงานกิจกรรมที่ 5 การเกิดสมดุลความร้อน 1

2. ใบงานกิจกรรมที่ 6 การเกิดสมดุลความร้อน 2

3. ชิ้นงานที่ 3 ออกแบบโคมลอย

7. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. ครูเกริ่นนำ “นักเรียนเคยสังเกตหรือไม่ว่าเวลาใส่เสื้อสีดำหรือสีเข้ม ๆ ยืนกลางแดดจะรู้สึกร้อนมากกว่าเวลาที่ใส่เสื้อสีขาวหรือสีอ่อน ๆ “เพราะเหตุใดทำไมจึงเป็นเช่นนั้น “นักเรียนคิดว่าวัตถุสีเข้มหรือวัตถุสีอ่อน วัตถุใดสามารถดูดและคายความร้อนได้ดีกว่ากัน ” และ “นอกจากการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสารแล้ว ความร้อนยังมีผลต่อวัตถุหรือสารอย่างไรบ้าง “นักเรียนรู้จักโคมลอยหรือไม่ นักเรียนลองช่วยกันคิดว่าโคมลอยมันสามารถลอยได้อย่างไร

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (100 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมการทดลองโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทดลองจากใบกิจกรรมที่ 5 การเกิดสมดุลความร้อน 1

2. จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ดังนี้ “วัตถุสีเข้มจะดูดกลืนและคายความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีอ่อน”

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประโยชน์ของการดูดกลืนและคายความร้อนของวัตถุร่วมกันศึกษาเนื้อหาในหนังสือเรียน วิทยาศาสตร์ ม.1 หน้า 139-140 และทำกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ในหนังสือเรียน วิทยาศาสตร์ ม.1 หน้า 141

4. ครูถามนักเรียนว่า “ถ้านำลูกเหล็กมาเผาไฟจะทำให้เกิดอะไรขึ้น”

5. นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อปฏิบัติกิจกรรมการทดลองโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทดลองจากใบกิจกรรมที่ 6 การเกิดสมดุลความร้อน

6. นักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ดังนี้ “วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว และจะหดตัวกลับเมื่อความร้อนลดลงหรือได้รับความเย็น”

7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประโยชน์ของการขยายและหดตัวของวัตถุร่วมกันศึกษา เนื้อหาในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.1 หน้า 143-144

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. จากปัญหาข้างต้นที่ตั้งคำถามไว้ว่า นักเรียนรู้จักโคมลอยหรือไม่ และมีหลักการทำงานอย่างไร โดยครูเปิดภาพประกอบหลังจากการตั้งคำถาม

2. นักเรียนมีวิธีการใดบางที่จะสามารถทำโคมลอยให้สูงและอยู่ได้นาน โดยครูให้นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการทำโคมลอย ครูสังเกตให้คำแนะนำ

3. ให้นักเรียนวาดแสดงส่วนต่าง ๆ พร้อมคำอธิบายสั้น ๆ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (25 นาที)

1. นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำและสร้างผลงาน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้น (25 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานมาทดสอบและปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (10 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและวิธีการแก้ปัญหาจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินผลงานซึ่งกันและกัน

11. สื่อ/วัสดุอุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. ใบงานกิจกรรมที่ 5 การเกิดสมดุลความร้อน 1
3. ใบงานกิจกรรมที่ 6 การเกิดสมดุลความร้อน 2
4. ชิ้นงานที่ 3 ออกแบบโคมลอย
5. ห้องวิทยาศาสตร์

12. การวัดผลประเมินผล

การวัดและประเมินผล	วิธีการ	เครื่องมือ
1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1. สังเกตการทำงานโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	2. ตรวจชิ้นงาน	แบบประเมินความสามารถในการทำชิ้นงาน

ใบกิจกรรมที่ 5

กิจกรรมการทดลอง การเกิดสมดุลความร้อน 1

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการเกิดดูดกลืนและการคายความร้อนของวัตถุ

วัสดุ/อุปกรณ์

1. เทอร์มอมิเตอร์ 3 อัน
2. ผ้าสีขาว
3. ผ้าสีดำ
4. หนังยาง

วิธีการทดลอง

1. นำเทอร์โมมิเตอร์มา 3 อัน อันที่ 1 หุ้มด้วยผ้าสีขาว อันที่ 2 หุ้มด้วยผ้าสีดำ และอันที่ 3 ไม่มีผ้าหุ้ม อ่านอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 3 บันทึกผล
2. นำเทอร์โมมิเตอร์มา 3 อัน ไปวางไว้กลางแดดเป็นเวลา 10 นาที อ่านอุณหภูมิและบันทึกผล
3. นำเทอร์โมมิเตอร์มา 3 อัน มาวางไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 10 นาที อ่านอุณหภูมิและบันทึกผล

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลองกับเทอร์มอมิเตอร์	อุณหภูมิที่สังเกตได้ (°C)				
	เริ่มต้น	หลังวางไว้กลางแดด 10 นาที	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น	วางไว้ที่ร่ม 10 นาที	อุณหภูมิที่ลดลง
1. ไม่มีผ้าหุ้ม					
2. มีผ้าสีดำหุ้ม					
3. มีผ้าสีขาวหุ้ม					

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของเทอร์มอมิเตอร์แต่ละอันในการทดลองเท่ากันหรือไม่

.....

.....

2. หลังจากนำเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 3 อันไปวางไว้กลางแดดเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

3. หลังจากนำเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 3 อันไปวางไว้ในร่มเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิลดลงหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

4. เทอร์มอมิเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใด

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 6

กิจกรรมการทดลอง การเกิดสมดุลความร้อน 2

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน

วัสดุ/อุปกรณ์

1. ลูกตุ้มเหล็ก
2. คีม
3. ขาตั้ง
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์

วิธีการทดลอง

1. นำลูกตุ้มเหล็กกลมมาลอดผ่านห่วงเหล็ก สังเกตผลการลอดผ่านบันทึกผล
2. นำลูกเหล็กกลมมาเผาไฟให้ร้อนลอดผ่านห่วงเหล็กอีกครั้ง สังเกตผลการลอดผ่านหลังให้ความร้อน บันทึกผล
3. ปล่อยลูกเหล็กกลมทิ้งไว้จนลูกเหล็กเย็นลง นำไปทดลองลอดผ่านห่วงเหล็กอีกครั้ง สังเกตและบันทึกผล

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลอง	ผลการทดลองที่สังเกตได้
1. เมื่อนำลูกเหล็กกลมลอดผ่านห่วงเหล็กก่อนให้ความร้อน	
2. เมื่อนำลูกเหล็กกลมลอดผ่านห่วงเหล็กหลังให้ความร้อน	
3. เมื่อนำลูกเหล็กกลมที่เย็นตัวแล้วลอดผ่านห่วงเหล็ก	

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ลูกเหล็กกลมที่มีอุณหภูมิปกติลอดผ่านห่วงเหล็กหรือไม่

.....

.....

2. ลูกเหล็กกลมที่ได้รับความร้อนลอดผ่านห่วงเหล็กได้หรือไม่

.....

.....

3. การที่ลูกเหล็กกลมได้รับความร้อนแล้วลอดผ่านห่วงเหล็กไม่ได้เป็นเพราะเหตุใด

.....

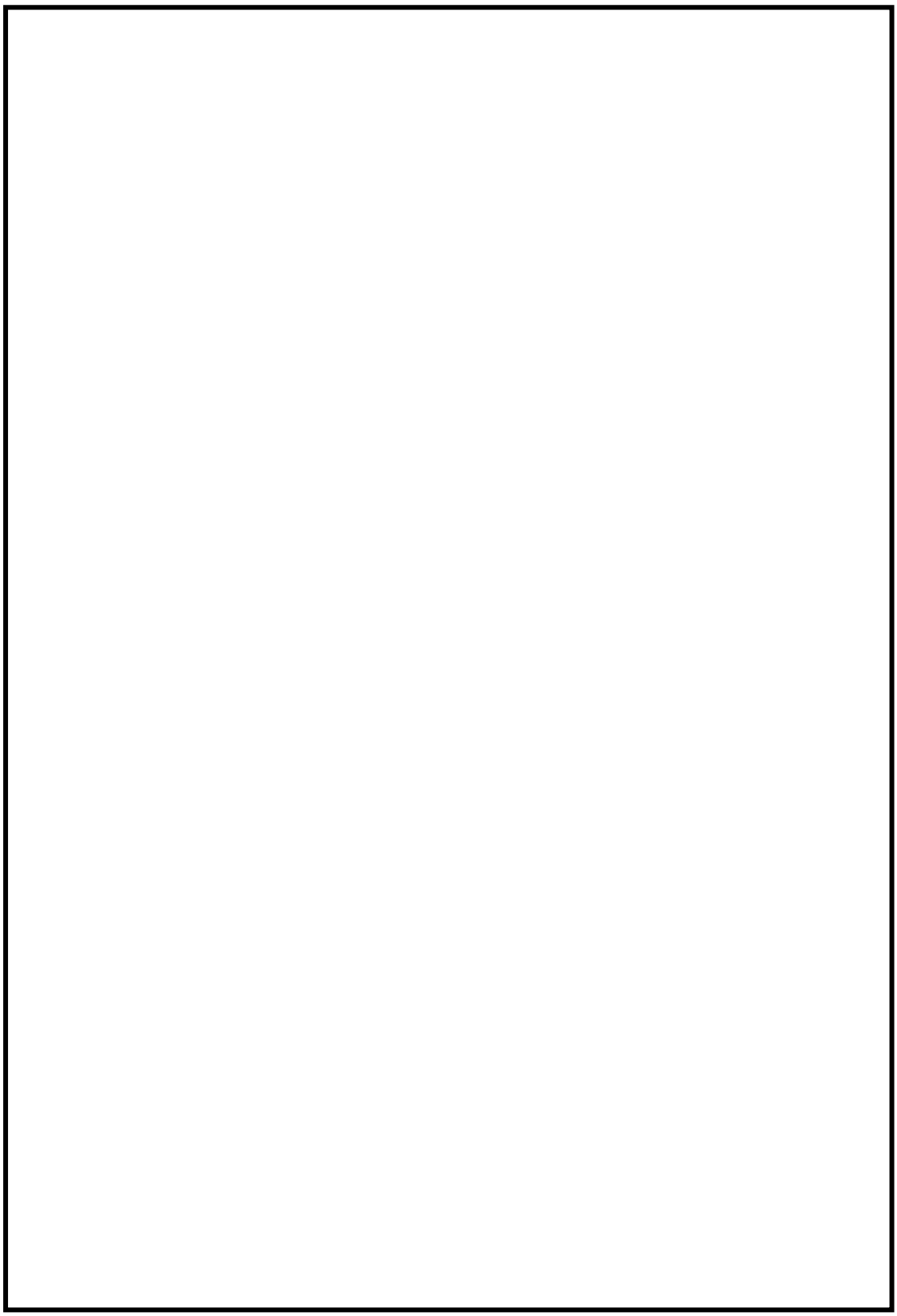
.....

4. ลูกเหล็กกลมมีขนาดใหญ่ขึ้นได้เนื่องมาจากสาเหตุใด

.....

.....

กิจกรรมออกแบบโคมลอย



คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

บันทึกผลการทดลอง(ให้นักเรียนสร้างตารางบันทึกผล)

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ความร้อน ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1
เรื่อง การนำความรู้เรื่องความร้อนไปประยุกต์ใช้ เวลาเรียน 3 ชั่วโมง
ครูผู้สอน นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ โรงเรียนวัดบางน้อย(แจ่มประชานุกูล)

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 : เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว. 2.3 ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสารเนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน

ว 2.3 ม.1/6 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี

ว 2.3 ม.1/7 ออกแบบเลือกใช้และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน

2. สาระการเรียนรู้

การถ่ายโอนความร้อนมีสามวิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของโมเลกุล การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปด้วยการแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การดูดกลืนและการคายความร้อน ประโยชน์ของการดูดกลืนและการคายความร้อน

การขยายและหดตัวเนื่องจากความร้อน ประโยชน์ของการขยายและหดตัวเนื่องจากความร้อน

3. สาระสำคัญ (Concept)

ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปร สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการ เลือกเทคนิควิธีการสำรวจทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบ สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้

4. สาระการเรียนรู้ STEM

ออกแบบชิ้นงานโดยนำความรู้เรื่อง ความร้อนที่ได้เรียนมาแล้ว มาใช้แก้ปัญหาให้เกิดประโยชน์

5. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K+P+A)

1. ผู้เรียนออกแบบ เลือกใช้ และสร้างอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาได้

2. ผู้เรียนตระหนักถึงประโยชน์ของการถ่ายโอนความร้อน ความร้อนของการหดหรือขยายตัวของสสารเนื่องจากความร้อน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

6. ภาระงาน/ชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ 4 กล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

7. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. ครูเกริ่นนำว่าในชุมชนบางน้อยที่นักเรียนอาศัยอยู่ส่วนใหญ่แล้วประกอบอาชีพทำสวนกล้วยและมะพร้าวเป็นหลัก ในระยะหลังผลผลิตส่วนใหญ่มีราคาค่อนข้างต่ำ นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีใดบ้างทีจะแปรรูปผลผลิตให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ โดยใช้ความรู้เรื่องความร้อนที่ได้เรียน มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้น ถ้านักเรียนจะออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อน การดูดกลืนและคายความร้อน นักเรียนจะออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และเลือกใช้วัสดุอย่างไร โดยมีเงื่อนไขว่าเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบจะต้องสามารถอบอาหารอื่นได้และประหยัดพลังงานได้ด้วย

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (100 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มและช่วยกันระดมความคิดกันว่าผลไม้ในชุมชนชนิดใดที่นักเรียนสนใจจะนำมาแปรรูปโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอะไรบ้าง เมื่อได้ข้อสรุปภายในกลุ่มแล้วให้นักเรียนช่วยกันสืบค้นข้อมูลดังต่อไปนี้ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ ลักษณะทั่วไปและประโยชน์

2. นักเรียนค้นคว้าความรู้และรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการแปรรูปผลไม้ชนิดนั้น

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. นักเรียนออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (25 นาที)

1. นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำและสร้างผลงาน

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้น (25 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานมาทดสอบและปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (10 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและวิธีการแก้ปัญหาจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินผลงานซึ่งกันและกัน

11. สื่อ/วัสดุอุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. ชิ้นงานที่ 4 กล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์
4. ห้องวิทยาศาสตร์

12. การวัดผลประเมินผล

การวัดและประเมินผล	วิธีการ	เครื่องมือ
1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1. สังเกตการทำงานโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และร่องรอยการทำใบกิจกรรม	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน	2. ตรวจชิ้นงาน	แบบประเมินความสามารถในการทำชิ้นงาน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิจกรรมออกแบบสร้างกล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า

.....

.....

.....

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการณ์(คำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง)

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

บันทึกผลการทดลอง(ให้นักเรียนสร้างตารางบันทึกผล)

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กิจกรรม.....กลุ่มที่.....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1.....เลขที่.....ชั้น.....

2.....เลขที่.....ชั้น.....

3.....เลขที่.....ชั้น.....

4.....เลขที่.....ชั้น.....

5.....เลขที่.....ชั้น.....

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**					**หมายเหตุ**
	5	**4**	**3**	**2**	**1**	
1. การตั้งสมมติฐาน 1.1 คาดการณ์คำตอบล่วงหน้า						
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 2.1 กำหนดคำเฉพาะที่ใช้ในการทดลอง						
3. การกำหนดและการควบคุมตัวแปร 3.1 การกำหนดตัวแปร - ตัวแปรต้น - ตัวแปรตาม - ตัวแปรควบคุม						
4. การทดลอง 4.1 ความสามารถในการออกแบบ						
4.2 การบันทึกผล						
5. การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป 5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง						

5 หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดีมาก

4 หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดี

3 หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ปานกลาง

2 หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ พอใช้

1 หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ปรับปรุง

แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน

ชื่อผลงาน.....กลุ่มที่.....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1.....เลขที่.....ชั้น.....

2.....เลขที่.....ชั้น.....

3.....เลขที่.....ชั้น.....

4.....เลขที่.....ชั้น.....

5.....เลขที่.....ชั้น.....

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			หมายเหตุ
	3	2	1	
1. ด้านนวภาพหรือด้านความสร้างสรรค์ของผลงาน (novelty) 1.1 ด้านผลงานมีการออกแบบอย่างสร้างสรรค์ ผลงานมีความแปลกใหม่				
2. ด้านการแก้ปัญหา (resolution) 2.1 ด้านการเลือกใช้วัสดุในการสร้างผลงานได้เหมาะสมคุ้มค่า				
2.2 ด้านแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM)				
3. ด้านการใช้ประโยชน์ (useful) 3.1 ด้านผลงานสามารถตอบสนองต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน				
3.2 ด้านความปลอดภัยและความสะดวกในงานใช้งาน				
4. ด้านการต่อเติมและการสังเคราะห์ (elaboration and synthesis)				
4.1 ด้านความสวยงาม				
4.2 ด้านการตกแต่งเพิ่มเติม				

3 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับ ดี

2 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับ พอใช้

1 หมายถึง ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานอยู่ในระดับ ปรับปรุง

แบบทดสอบวัดผลฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องความร้อน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

****

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดแสดงถึงการใช้เทอร์มอมิเตอร์แบบกระเปาะที่ถูกต้อง
   ก. ถือเทอร์มอมิเตอร์ในแนวเฉียงขณะวัดอุณหภูมิสาร
   ข. ถือเทอร์มอมิเตอร์ให้สัมผัสกับภาชนะใส่สารที่ต้องการวัด
   ค. อ่านค่าอุณหภูมิโดยให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกับกระเปาะ
   ง. อ่านค่าอุณหภูมิโดยให้สายตาอยู่ระดับเดียวกับผิวของเหลวในหลอดแก้ว
2. เมื่ออากาศหนาวเย็นผู้ที่อยู่ต่างจังหวัดมักจะก่อกองไฟแล้วนั่งอยู่รอบ ๆ กองไฟ จะทำให้รู้สึกอุ่นขึ้นได้เกิดจากการถ่ายโอนความร้อนแบบใด
   ก. การนำความร้อน ข. การพาความร้อน
   ค. การแผ่รังสีความร้อน ง. การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน
3. การย่างกุ้งโดยใช้ตะแกรงเหล็กวางบนเตาถ่านจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนวิธีใดบ้าง
   ก. การพาความร้อน
   ข. การแผ่รังสีความร้อนและการนำความร้อน
   ค. การพาความร้อนและการนำความร้อน
   ง. การแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อนและการนำความร้อน
4. ในประเทศหนาว น้ำในแม่น้ำลำคลองจะแข็งตัวเป็นน้ำแข็งแต่เหตุใดปลาจึงยังสามารถว่ายน้ำไปมาและมีชีวิตอยู่ภายใต้น้ำแข็งได้
   ก. บริเวณใต้น้ำแข็งเป็นน้ำที่อุ่นกว่า เพราะน้ำที่มีอุณหภูมิ 4℃ จะจมอยู่ที่ก้นแม่น้ำลำคลอง
   ข. ก้นสระได้รับความร้อนจากใต้พื้นโลก น้ำจึงอุ่นเสมอ
   ค. ปลาเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ และสามารถปรับอุณหภูมิภายในตัวปลาได้
   ง. ถ้าอากาศเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่า 4℃ ปริมาณน้ำจะลดลง ทำให้ปลาว่ายอยู่ในน้ำได้
5. ความสามารถในการรับความร้อนของสาร เรียกว่าอะไร
   ก. อุณหภูมิ ข. ความร้อนแฝง
   ค. ความจุความร้อน ง. สมดุลความร้อน
6. การที่ความร้อนสามารถเคลื่อนที่จากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ เราเรียกว่าอะไร
   ก. การดูดความร้อน ข. การคายความร้อน
   ค. การขยายตัวความร้อน ง. การถ่ายโอนความร้อน
7. ธิดาเลือกใส่เสื้อสีน้ำเงินในวันที่อากาศเย็น แสดงว่าธิดามีเหตุผลในข้อใด
   ก. เสื้อสีน้ำเงินดูดความร้อนได้ดีทำให้อุ่นขึ้น
   ข. เสื้อสีน้ำเงินป้องกันไม่ให้ความร้อนจากร่างกายออกสู่ภายนอก
   ค. เสื้อสีน้ำเงินเป็นฉนวนความร้อน
   ง. เสื้อสีน้ำเงินช่วยป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์
8. เพราะเหตุใดเราจึงนิยมใช้ตะเกียบไม้คีบอาหารร้อนมากกว่าตะเกียบที่ทำจากอะลูมิเนียม
   ก. เพราะสามารถคีบอาหารได้มากกว่าการใช้ช้อน
   ข. เพราะตะเกียบทำจากไม้จึงสะอาดและปลอดภัยจากสารพิษ
   ค. เพราะตะเกียบทำด้วยไม้เป็นฉนวนความร้อนจึงไม่นำความร้อน
   ง. เพราะตะเกียบไม้ผลิตได้ง่ายกว่าตะเกียบที่ทำจากอะลูมิเนียม

9. ความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนสถานะ เรียกว่าอะไร

ก. ความจุความร้อน ข. ความร้อนแฝง

ค. สมดุลความร้อน ง. อุณหภูมิ

10. ลูกเสือกลุ่มหนึ่งตั้งค่ายพักแรมที่อยู่ใกล้ลำธาร บังเอิญในระหว่างเดินทางน้ำที่เตรียมมาเกิดหกหมด และพวกเขาต้องการดื่มน้ำ พวกเขาจะทำเช่นไรจึงจะมีน้ำดื่มที่บริสุทธิ์ไว้

ก. ตักน้ำในลำธารมาต้มเพื่อฆ่าเชื้อ

ข. ตักน้ำในลำธารมาและใช้ผ้าผูกคอลูกเสือกรองเชื้อโรค

ค. ตักน้ำในลำธารและทำเครื่องทำน้ำกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายและนำน้ำที่ได้ไปต้ม

ง. หาต้นไม้ที่เป็นพืชอวบน้ำและกินน้ำจากต้นไม้นั้น

11. เรียงลำดับสสารที่ขยายตัวได้ดีเมื่อได้รับความร้อนจากมากไปน้อย

ก. ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ข. แก๊ส ของเหลว ของแข็ง

ค. ของแข็ง แก๊ส ของเหลว

ง. ของเหลว ของแข็ง แก๊ส

12. ข้อใด เกิดจากการพาความร้อน

ก. การเกิดลมบก ลมทะเล

ข. ความร้อนจากดวงอาทิตย์เดินทางถึงผิวโลก

ค. เมื่อเราเอามือไปใกล้หลอดไฟฟ้าจะรู้สึกร้อน

ง. เมื่อถือแท่งเหล็กยื่นเข้าไปในเปลวไฟจะรู้สึกร้อน

13. หน่วยวัด ก และ ข คือหน่วยวัดใด เมื่อกำหนดจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำ ดังตาราง

หน่วยวัด	จุดเยือกแข็ง	จุดเดือด
A	273	373
B	0	80

ก. A คือ เคลวิน B คือ องศาโรเมอร์

ข. A คือ เคลวิน B คือ องศาเซลเซียส

ค. A คือ เคลวิน B คือ องศาฟาเรนไฮต์

ง. A คือ องศาโรเมอร์ B คือ องศาฟาเรนไฮต์

14. เมื่อละลายน้ำแข็งอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส มวล 100 กรัม ให้กลายเป็นน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ความร้อนกี่กิโลแคลอรี (กำหนดให้ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งมีค่าเท่ากับ 2.1 กิโลจูลต่อกิโลกรัม/เคลวิน ความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 4.2 กิโลจูลต่อกิโลกรัม/เคลวิน และความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำมีค่าเท่ากับ 333 จิโลจูลต่อกิโลกรัม)

ก. 11.2 กิโลแคลอรี ข. 12.3 กิโลแคลอรี

ค. 13.4 กิโลแคลอรี ง. 14.5 กิโลแคลอรี

15. เพราะเหตุใดการวางรางรถไฟจะต้องมีการเว้นช่องว่างระหว่างท่อนรางรถไฟ

ก. เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง

ข. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางราง

ค. ช่วยลดแรงเสียดทานขณะที่รถไฟวิ่งผ่าน

ง. เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

16. ถ้าต้องการรับประทานถั่วเขียวต้มน้ำตาลที่ตักจากหม้อต้มขณะร้อน ๆ นักเรียนควรเลือกช้อนชนิดใด เพราะเหตุใด

ก. ช้อนกระเบื้อง เพราะไม่นำความร้อน

ข. ช้อนกระเบื้อง เพราะไม่พาความร้อน

ค. ช้อนโลหะ เพราะนำความร้อนได้ดี

ง. ช้อนโลหะ เพราะพาความร้อนได้ดี

17. เหตุใดผนังด้านนอกของบ้านหรืออาคารควรทาสีอ่อน

ก. ผนังสีอ่อนดูดกลืนความร้อนน้อย อากาศภายในบ้านจึงเย็นสบาย

ข. ผนังสีอ่อนดูร่มรื่นสบายตาและมองเห็นได้ชัดเจน

ค. ผนังสีอ่อนเวลาเก่าแล้วสามารถทาสีทับลงไปได้

ง. ผนังสีอ่อนช่วยสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ได้ดี

18. การที่เรานำลูกตุ้มเหล็กไปวางบนห่วงเหล็กวงกลม ลูกตุ้มเหล็กจะลอดห่วงเหล็กวงกลมได้ แต่เมื่อเรานำลูกตุ้มเหล็กไปเผาไฟให้ร้อนแล้วนำไปวางบนห่วงเหล็กวงกลม ลูกตุ้มเหล็ก ไม่สามารถผ่านได้ เป็นเพราะสาเหตุใด

ก. ความร้อน ข. ความดัน

ค. ความหนาแน่น ง. ถูกทั้ง 3 ข้อ

19. เมื่อนำไข่ไก่ไปวางไว้บนพื้นถนนกลางแจ้ง พบว่าอุณหภูมิไข่ไก่สูงขึ้น เป็นเพราะเหตุใด(การวิเคราะห์)

ก. การนำความร้อน ข. การพาความร้อน

ค. การแผ่รังสีความร้อน ง. เกิดขึ้นได้ทั้งหมด

20. วัตถุในข้อใดที่มีหลักการทำงานเมื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่างจากข้ออื่น ๆ (สร้างสรรค์)

ก. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

ข. กล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ค. เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ง. โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบทดสอบวัดผลฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องความร้อน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

****

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. เมื่ออากาศหนาวเย็นผู้ที่อยู่ต่างจังหวัดมักจะก่อกองไฟแล้วนั่งอยู่รอบ ๆ กองไฟ จะทำให้รู้สึกอุ่นขึ้นได้เกิดจากการถ่ายโอนความร้อนแบบใด
   ก. การนำความร้อน
   ข. การแผ่รังสีความร้อน
   ค. การพาความร้อน
   ง. การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน
2. เพราะเหตุใดเราจึงนิยมใช้ตะเกียบไม้คีบอาหารร้อนมากกว่าตะเกียบที่ทำจากอะลูมิเนียม
   ก. เพราะสามารถคีบอาหารได้มากกว่าการใช้ช้อน
   ข. เพราะตะเกียบทำจากไม้จึงสะอาดและปลอดภัยจากสารพิษ
   ค. เพราะตะเกียบทำด้วยไม้เป็นฉนวนความร้อนจึงไม่นำความร้อน
   ง. เพราะตะเกียบไม้ผลิตได้ง่ายกว่าตะเกียบที่ทำจากอะลูมิเนียม
3. ในประเทศหนาว น้ำในแม่น้ำลำคลองจะแข็งตัวเป็นน้ำแข็งแต่เหตุใดปลาจึงยังสามารถว่ายน้ำไปมาและมีชีวิตอยู่ภายใต้น้ำแข็งได้
   ก. ก้นสระได้รับความร้อนจากใต้พื้นโลก น้ำจึงอุ่นเสมอ
   ข. ปลาเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ และสามารถปรับอุณหภูมิภายในตัวปลาได้
   ค. บริเวณใต้น้ำแข็งเป็นน้ำที่อุ่นกว่า เพราะน้ำที่มีอุณหภูมิ 4°C จะจมอยู่ที่ก้นแม่น้ำลำคลอง
   ง. ถ้าอากาศเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่า 4°C ปริมาณน้ำจะลดลง ทำให้ปลาว่ายอยู่ในน้ำได้
4. เรียงลำดับสสารที่ขยายตัวได้ดีเมื่อได้รับความร้อนจากมากไปน้อย
   ก. แก๊ส ของเหลว ของแข็ง
   ข. ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
   ค. ของเหลว ของแข็ง แก๊ส
   ง. ของแข็ง แก๊ส ของเหลว
5. ธิดาเลือกใส่เสื้อสีน้ำเงินในวันที่อากาศเย็น แสดงว่าธิดามีเหตุผลในข้อใด
   ก. เสื้อสีน้ำเงินเป็นฉนวนความร้อน
   ข. เสื้อสีน้ำเงินดูดความร้อนได้ดีทำให้อุ่นขึ้น
   ค. เสื้อสีน้ำเงินป้องกันไม่ให้ความร้อนจากร่างกายออกสู่ภายนอก
   ง. เสื้อสีน้ำเงินช่วยป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์
6. การย่างกุ้งโดยใช้ตะแกรงเหล็กวางบนเตาถ่านจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนวิธีใดบ้าง
   ก. การพาความร้อน
   ข. การแผ่รังสีความร้อนและการนำความร้อน
   ค. การพาความร้อนและการนำความร้อน
   ง. การแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อนและการนำความร้อน
7. การที่ความร้อนสามารถเคลื่อนที่จากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ เราเรียกว่าอะไร
   ก. การดูดความร้อน ข. การถ่ายโอนความร้อน
   ข. การคายความร้อน ง. การขยายตัวความร้อน
8. ความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนสถานะ เรียกว่าอะไร
   ก. ความจุความร้อน ข. สมดุลความร้อน
   ค. ความร้อนแฝง ง. อุณหภูมิ

9. ความสามารถในการรับความร้อนของสาร เรียกว่าอะไร
   ก. อุณหภูมิ ข. สมดุลความร้อน
   ค. ความร้อนแฝง ง. ความจุความร้อน
10. ลูกเสือกลุ่มหนึ่งตั้งค่ายพักแรมที่อยู่ใกล้ลำธาร บังเอิญในระหว่างเดินทางน้ำที่เตรียมมาเกิดหกหมด และพวกเขาต้องการดื่มน้ำ พวกเขาจะทำเช่นไรจึงจะมีน้ำดื่มที่บริสุทธิ์ไว้
   ก. หาต้นไม้ที่เป็นพืชอวบน้ำและกินน้ำจากต้นไม้นั้น
   ข. ตักน้ำในลำธารมาและใช้ผ้าผูกคอลูกเสือกรองเชื้อโรค
   ค. ตักน้ำในลำธารและทำเครื่องทำน้ำกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่ายและนำน้ำที่ได้ไปต้ม
   ง. ตักน้ำในลำธารมาต้มเพื่อฆ่าเชื้อ
11. เหตุใดผนังด้านนอกของบ้านหรืออาคารควรทาสีอ่อน
   ก. ผนังสีอ่อนดูดกลืนความร้อนน้อย อากาศภายในบ้านจึงเย็นสบาย
   ข. ผนังสีอ่อนเวลาเก่าแล้วสามารถทาสีทับลงไปได้
   ค. ผนังสีอ่อนดูร่มรื่นสบายตาและมองเห็นได้ชัดเจน
   ง. ผนังสีอ่อนช่วยสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ได้ดี
12. ข้อใด เกิดจากการพาความร้อน
   ก. ความร้อนจากดวงอาทิตย์เดินทางถึงผิวโลก
   ข. เมื่อเราเอามือไปใกล้หลอดไฟฟ้าจะรู้สึกร้อน
   ค. การเกิดลมบก ลมทะเล
   ง. เมื่อถือแท่งเหล็กยื่นเข้าไปในเปลวไฟจะรู้สึกร้อน
13. เมื่อละลายน้ำแข็งอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส มวล 100 กรัม ให้กลายเป็นน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ความร้อนกี่กิโลแคลอรี (กำหนดให้ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งมีค่าเท่ากับ 2.1 กิโลจูลต่อกิโลกรัม/เคลวิน ความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 4.2 กิโลจูลต่อกิโลกรัม/เคลวิน และความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำมีค่าเท่ากับ 333 กิโลจูล/กิโลกรัม)
   ก. 14.5 กิโลแคลอรี
   ข. 11.2 กิโลแคลอรี
   ค. 12.3 กิโลแคลอรี
   ง. 13.4 กิโลแคลอรี
14. วัตถุในข้อใดที่มีหลักการทำงานเมื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่างจากข้ออื่น ๆ (สร้างสรรค์)
   ก. ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
   ข. โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์
   ค. กล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
   ง. เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
15. เมื่อนำไข่ไก่ไปวางไว้บนพื้นถนนกลางแจ้ง พบว่าอุณหภูมิไข่ไก่สูงขึ้น เป็นเพราะเหตุใด (การวิเคราะห์)
   ก. การนำความร้อน
   ข. เกิดขึ้นได้ทั้งหมด
   ค. การพาความร้อน
   ง. การแผ่รังสีความร้อน
16. เพราะเหตุใดการวางรางรถไฟจะต้องมีการเว้นช่องว่างระหว่างท่อนรางรถไฟ
   ก. เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง
   ข. เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน
   ค. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางราง
   ง. ช่วยลดแรงเสียดทานขณะที่รถไฟวิ่งผ่าน
17. การที่เรานำลูกตุ้มเหล็กไปวางบนห่วงเหล็กวงกลม ลูกตุ้มเหล็กจะลอดห่วงเหล็กวงกลมได้ แต่เมื่อเรานำลูกตุ้มเหล็กไปเผาไฟให้ร้อนแล้วนำไปวางบนห่วงเหล็กวงกลม ลูกตุ้มเหล็ก ไม่สามารถผ่านได้ เป็นเพราะสาเหตุใด
   ก. ความดัน ข. ความหนาแน่น
   ค. ถูกทั้ง 3 ข้อ ง. ความร้อน

18. หน่วยวัด ก และ ข คือหน่วยวัดใด เมื่อกำหนดจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำ ดังตาราง

หน่วยวัด	จุดเยือกแข็ง	จุดเดือด
A	273	373
B	0	80

ก. A คือ เคลวิน B คือ องศาเซลเซียส

ข. A คือ เคลวิน B คือ องศาโรเมอร์

ค. A คือ เคลวิน B คือ องศาฟาเรนไฮต์

ง. A คือ องศาโรเมอร์ B คือ องศาฟาเรนไฮต์

19. ถ้าต้องการรับประทานถั่วเขียวต้มน้ำตาลที่ตักจากหม้อต้มขณะร้อน ๆ นักเรียนควรเลือกช้อนชนิดใด เพราะเหตุใด

ก. ช้อนกระเบื้อง เพราะไม่พาความร้อน

ข. ช้อนโลหะ เพราะพาความร้อนได้ดี

ค. ช้อนกระเบื้อง เพราะไม่นำความร้อน

ง. ช้อนโลหะ เพราะนำความร้อนได้ดี

20. ข้อใดแสดงถึงการใช้เทอร์มอมิเตอร์แบบกระเปาะที่ถูกต้อง

ก. ถือเทอร์มอมิเตอร์ให้สัมผัสกับภาชนะใส่สารที่ต้องการวัด

ข. ถือเทอร์มอมิเตอร์ในแนวเฉียงขณะวัดอุณหภูมิสาร

ค. อ่านค่าอุณหภูมิโดยให้สายตาอยู่ในระดับเดียวกับกระเปาะ

ง. อ่านค่าอุณหภูมิโดยให้สายตาอยู่ระดับเดียวกับผิวของเหลวในหลอดแก้

ภาคผนวก ฉ

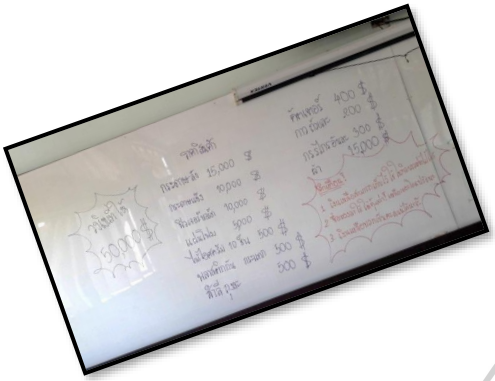
ภาพกิจกรรม

การถ่ายโอนความร้อน

การถ่ายโอนความร้อน

การถ่ายโอนความร้อน

สร้างบ้านเอสกิโม



สร้างบ้านเอสกิโม

สร้างบ้านเอสกิโม

ทำไอศกรีมโบราณ

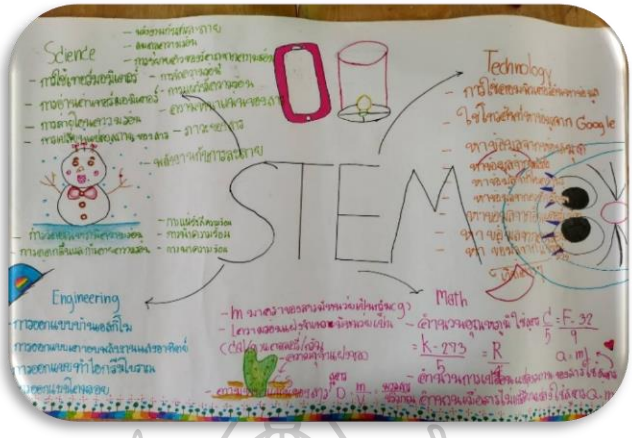
ทำไอศกรีมโบราณ

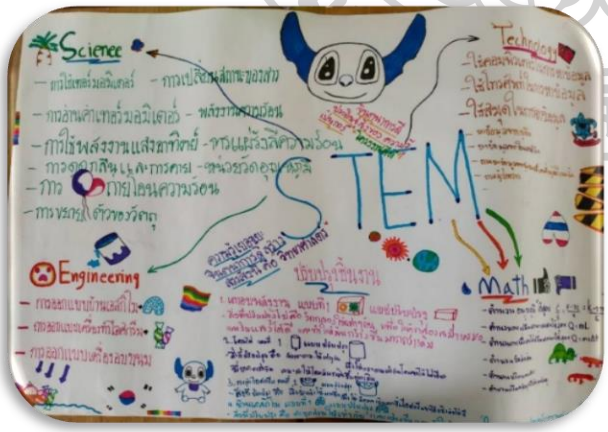
ทำโคมลอย

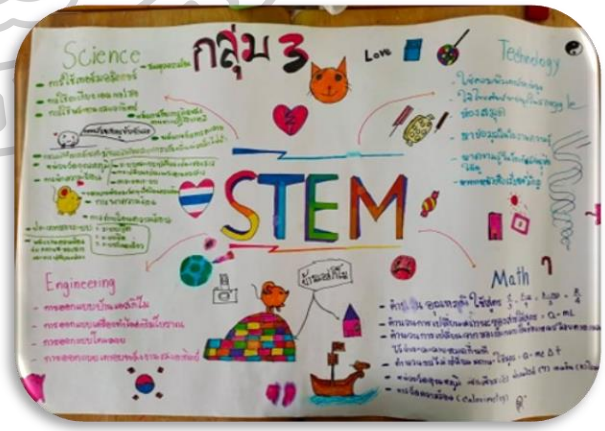
เครื่องอบกล้วยตาก

อากาศร้อนเย็น

STEM EDUCATION







ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ
วัน เดือน ปี เกิด	19 ธันวาคม 2533
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสงคราม
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	8/1 หมู่ 2 ต.บ้านปราโมทย์ อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม 75120
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	โรงเรียนต้นแบบการจัดการเรียนรู้สหกรณ์ระดับจังหวัด โรงเรียนต้นแบบการจัดการเรียนรู้สหกรณ์ระดับประเทศ

มหาวิทยาลัยศิลปากร